

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

AILTON OHNESORGE COELHO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA SOBRE ELETROMAGNETISMO NA PERSPECTIVA DA
HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

VITÓRIA – ES
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

AILTON OHNESORGE COELHO

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA SOBRE ELETROMAGNETISMO NA PERSPECTIVA DA
HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof. Dra. Mirian Jonis

VITÓRIA – ES

2019

AGRADECIMENTOS

Aos meus Familiares, sempre presentes em minha vida.

À minha orientadora, professora Dra. Mirian Jonis, fundamental para a conclusão desse trabalho, que com sabedoria e paciência ampliou minha visão sobre o tema desenvolvido e me ajudou a visualizar e a organizar minhas ideias.

Ao professor Flávio Torres, pelas sugestões e pela condução brilhante de um dos momentos do projeto de intervenção pedagógica.

Aos professores do PPGEnsFis com os quais tive oportunidade de conviver durante a fase da realização das disciplinas e que contribuíram sobremaneira para ampliar meu aprendizado.

A todos os amigos que, diretamente ou indiretamente, participaram desse projeto.

RESUMO

A proposta desse trabalho foi centrada na elaboração de uma Sequência Didática (SD) motivadora sobre conceitos de eletromagnetismo e na sua validação por colegas professores do Ensino Médio (validação por pares). As atividades motivacionais propostas na SD, trouxeram características do Ensino de Ciências por Investigação (ENCI), situando o aluno como protagonista do seu aprendizado. Incorporavam também princípios da História da Ciência no Ensino de Física (HCEF), promovendo atividades que privilegiam a dimensão histórica da Física.

A proposta de intervenção teve como público alvo alunos da 2ª série de uma escola particular de Vila Velha e foi concluída em 7 encontros de 100 minutos de duração. Priorizei a compreensão dos conceitos físicos envolvidos e a contextualização desses conhecimentos com a nossa realidade em detrimento de fórmulas matemáticas. Não me preocupei com propostas de avaliações quantitativas; a preocupação recaiu sobre uma avaliação qualitativa da metodologia utilizada; se ela favoreceu a interação entre os alunos durante as execuções das atividades, se foi capaz de gerar interesse pela Física e se os alunos viram o Ensino por Investigação e a História da Ciência como ferramentas motivadoras capazes de auxiliá-los na compreensão dos fenômenos físicos.

Os recursos didáticos motivacionais usados na SD foram desenvolvidos com o intuito de instigar a curiosidade, desencadear debates e incentivar a reflexão; compreendem atividades em grupos, exibição de vídeos, leitura de textos históricos, utilização de simulações computacionais e realização de experimentos.

A validação por pares sinalizou uma SD original, autoexplicativa, de fácil acessibilidade e executabilidade capaz de suscitar discussões interessantes e possibilitar que os alunos estabeleçam relações entre os conceitos científicos trabalhados e situações cotidianas.

A aplicação da SD em sala de aula mostrou que o ENCI e a HCEF podem ser considerados agentes motivadores do aprendizado do Eletromagnetismo, constituindo uma ferramenta didática profícua e capaz de estimular uma participação mais ativa dos alunos durante as aulas de Física.

PALAVRAS – CHAVE: Eletromagnetismo; Sequência Didática; Motivação; Ensino de Ciências por Investigação; História da Ciência no Ensino de Física.

ABSTRACT

The proposal of this work was centered in the elaboration of a motivating Didactic Sequence (SD) on concepts of electromagnetism and in its validation by fellow high school teachers (validation in pairs). The motivational activities proposed in the SD brought characteristics of Science Teaching through Research (ENCI), through dynamics that place the student as the protagonist of their learning, and History of Science in Teaching Physics (HCEF), with activities that privilege the dimension history of physics.

The intervention proposal was aimed at students of the second grade of a private school in Vila Velha and was concluded in seven 100-minutes meetings. I prioritized the understanding of the physical concepts involved and the contextualization of this knowledge with our reality to the detriment of mathematical formulas. I did not bother with quantitative evaluation proposals; the concern was about a qualitative evaluation of the methodology used; if it favored interaction among students during the execution of the activities, whether it was able to generate interest in Physics and whether the students saw Research Teaching and History of Science as motivational tools capable of helping them to understand physical phenomena.

The motivational didactic resources used in SD were developed with the intention of instigating curiosity, provoking debates and encouraging reflection; include activities in groups, video display, reading of historical texts, use of computational simulations and conducting experiments.

Peer validation signaled an original, self-explanatory, easily accessible and enforceable SD capable of eliciting interesting discussions and enabling students to build relationships between scientific concepts and everyday situations.

The application of SD in the classroom showed that the ENCI and the HCEF can be considered agents motivators of the learning of the Electromagnetism, constituting a didactic tool profícua and able to stimulate a more active participation of the students during the classes of Physics.

KEY – WORDS: Electromagnetism; Following teaching; Motivation; Science Teaching by Research; History of Science in Teaching Physics.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
REFERENCIAL TEÓRICO	11
O Ensino de Ciências por Investigação (ENCI)	12
A História da Ciência no Ensino de Física (HCEF)	15
CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO	22
Uma breve história do eletromagnetismo	22
O que Produz um Campo Magnético?	24
Linhas de campo magnético	27
Força magnética em um fio percorrido por corrente elétrica.....	28
Campo magnético produzido por uma corrente elétrica.....	30
Campo Magnético Produzido pela Corrente em um Fio Longo e Retilíneo	32
Forças entre Duas Correntes Paralelas	35
Lei de Ampère.....	37
Campo magnético produzido pela corrente de um solenoide	39
Campo magnético produzido por uma corrente em uma bobina plana	43
Indução eletromagnética – lei de Faraday e lei de Lenz.....	45
A lei de indução de Faraday.....	47
A lei de Lenz.....	50
METODOLOGIA	53
ANÁLISE DE RESULTADOS.....	60
Da aplicação da Sequência Didática	61
Da validação da Sequência Didática	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
APÊNDICE A – Sequência Didática	100
APÊNDICE B – Atividades referentes à aula 2	112

Texto: A bússola e as grandes navegações	112
Reflexões sobre as atividades propostas	113
APÊNDICE C – Atividades da aula 3.....	116
Texto 1: A pedra ímã.....	116
Texto 2: A propriedade diretiva da pedra-ímã	117
Texto 3: Magnetismo: um pouco de história	118
Texto 4:A bússola na poesia do século XIII	120
APÊNDICE D – Passo a passo para a construção de um eletroímã	122
APÊNDICE E – atividades desenvolvidas na aula 5	123
Passo-a-passo para a construção do experimento de Oersted.....	123
Texto: Oersted e a relação entre eletricidade e magnetismo	124
Reflexões sobre as atividades propostas	127
APÊNDICE F – Texto: Como funcionam as usinas hidrelétricas.....	128
APÊNDICE G – Texto: Uma breve história da indução eletromagnética.....	131
APÊNDICE H – Lista de exercícios série casa.....	133
Aula 2.....	133
Aula 3.....	136
Aula 4.....	140
Aula 5.....	144
Aula 6.....	148
Aula 7.....	152
APÊNDICE I – Gabaritos dos exercícios série casa	156
APÊNDICE J – Questionário enviado aos professores de ensino médio	157
ANEXO 1 – Respostas do questionário enviado aos professores de ensino médio	159

INTRODUÇÃO

Geralmente a Física, em especial o Eletromagnetismo, não costuma conquistar a simpatia dos alunos. O fato de exigir conhecimentos matemáticos, raciocínios elaborados e alta capacidade interpretativa faz com que seja considerado extremamente difícil pela maioria dos estudantes. Aliado a esses fatores aparece o conteúdo fechado, o tempo limitado, material estruturado em apostilas, dentre outros. Esses são aspectos que não oportunizam ao professor a abertura para trazer métodos de ensino diferenciados para a sala de aula, o que contribui para um cenário onde predomine aulas meramente expositivas, sem nenhuma interatividade, dialogicidade e motivação. Sob essas condições é comum encontrarmos professores replicando o modelo em que foram educados. As minhas aulas, até pouco tempo atrás, eram exatamente iguais às que eu havia tido durante toda minha vida escolar e não via problema algum nisso. Eu ensinava (?) e os alunos aprendiam (?). Dentro do possível todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem estavam satisfeitos e os resultados pareciam satisfatórios. No entanto, nunca consegui angariar o interesse e o apreço dos meus alunos pela Física, o que sempre me gerou um certo desconforto. Esse incômodo, face a um ensino padronizado e desmotivador, me fez repensar minhas práticas pedagógicas. Não quero fazer críticas ao ensino tradicional, sei que existem argumentos em favor dessa metodologia e sei que ela continua a ser usada em escolas que alcançam altos índices de aprovação em exames externos como o ENEM e alguns vestibulares de ponta no país. Também não acredito que se deva descartar todas e quaisquer atividades educacionais desenvolvidas ao longo do tempo, porém entendo que é necessário adequá-las à realidade dos alunos do século XXI.

Disposto a mudar meu cotidiano em sala de aula e acreditando que a sociedade moderna não precisa de professores que ensinem os alunos a reproduzir informações e sim de educadores que ensinem a produzir conhecimento, decidi elaborar uma Sequência Didática sobre Eletromagnetismo. Segundo Pais (2002) “Uma Sequência Didática é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática”. Conhecendo as finalidades de uma SD procurei, durante sua elaboração, planejar aulas que impactassem diretamente na motivação, que acredito ser um dos principais desafios na hora de levar conhecimento

a um grupo de pessoas. Mesmo conhecendo o caráter intrínseco da motivação e sabendo que ela se encontra atrelada a aspectos individuais que nós, professores, não podemos controlar, creio que existem fatores que podem ser trabalhados do ponto de vista pedagógico para manter uma turma empolgada e motivada para aprender, mesmo em situações adversas.

A metodologia das aulas e a postura dos alunos e professores podem ser alguns desses fatores.

Para Guimarães e Giordan (2012) o conhecimento das ciências é uma demanda da vida moderna e que pode garantir uma melhoria social na medida em que contribui para uma percepção mais legitimada da sociedade. O eletromagnetismo se adequa perfeitamente a esse pensamento por ser tema recorrente em nosso cotidiano quando passamos a perceber o ambiente que nos cerca ou mesmo a tecnologia de dispositivos eletroeletrônicos corriqueiros da atualidade.

Nesse contexto procurei planejar uma SD que promovesse um entendimento menos fragmentado e mais significativo do Eletromagnetismo com aulas mais interativas, mais dialogadas, onde a mecanização do ensino desse lugar à reflexão e à discussão e onde o aluno fosse colocado como protagonista de seu aprendizado.

Na busca por estratégias motivadoras para a confecção da SD encontrei duas vertentes muito discutidas no ensino de Ciências nos dias de hoje: a História da Ciência no Ensino da Física (HCEF) e o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI), abordagens que, integradas, possibilitaram a criação de atividades bem diferentes daquelas que normalmente eu utilizava em sala de aula.

Parto da premissa de que atividades de caráter investigativo contextualizadas por meio da história da ciência possam ser agentes motivadores da aprendizagem de conceitos físicos. O ENCI, por estimular a curiosidade e mobilizar conhecimentos prévios por meio da proposição de problemas, coloca o aluno na condição de protagonista do processo de ensino e aprendizagem, fazendo-o participar ativamente da construção do seu conhecimento (CARVALHO, 2013). A HCEF contribui substancialmente ao ressaltar a natureza e o papel da ciência como construção humana, histórica e culturalmente situada. Além disso promove a inserção do aluno na cultura científica, levando-o a vivenciar o modo como se pensa e como se faz Ciência no transcorrer da história.

A realização de atividades investigativas relacionadas aos episódios clássicos da história da ciência também pode estimular a capacidade de humanizar a Física

contextualizando-a no cenário histórico, trazendo à tona as grandes questões que motivaram as produções científicas e as condições em que vários conhecimentos físicos se desenvolveram (MATTHEWS, 1995 apud MARTINS E BUFFON, 2017).

A escolha por essas abordagens também encontra respaldo na Base Nacional Curricular Comum, BNCC (BRASIL, 2016) que está repleta de orientações que ressaltam a importância de se inserir atividades investigativas e da história da ciência no ensino das chamadas Ciências da Natureza. A BNCC também privilegia o ENCI e a HCEF quando diz que processos e práticas de investigação contribuem para o aprendizado da Física e quando afirma que esse componente curricular deve ser tratado em seu contexto histórico.

Esses documentos preconizam que o educador de hoje deve priorizar a discussão crítica em detrimento da informação transmitida mecanicamente. Indicam que o aluno deve adquirir habilidades e competências que lhe garantam independência e capacidade de aprendizado futuro. Porém, para assegurar que essa prática seja exitosa faz-se necessário algumas mudanças. Sabe-se que a transição para uma educação mais condizente com as novas propostas de ensino em Física não é fácil e requer uma transformação ampla nas concepções tradicionais que o professor traz consigo sobre ensinar Física. E há uma grande dificuldade em vencer essa barreira principalmente porque o padrão clássico de ensino parece ser coerente e fornece, pelo menos aparentemente, respostas para a maioria dos problemas que surgem no cotidiano pedagógico e, mal ou bem, vem fazendo a sua parte ao longo dos tempos (GATTI et al, 2010). Mas as mudanças podem e devem acontecer; para isso é de suma importância que o educador saiba e aceite que os conhecimentos que ele traz para a sala de aula podem sofrer processos de didatização transformadores (FORATO et al, 2011) e que a condição para ele mudar as suas concepções é ser confrontado com outras mais relevantes. Para que essa ruptura com o ensino tradicional ocorra de forma significativa é fundamental que ele se ciente da ineficácia de suas práticas pedagógicas e disponha de novas ferramentas que viabilizem essa transformação comportamental e, acima de tudo, que ele queira ser um novo professor (MELLADO, 2001, 2003, APUD, BATISTA, 2010).

Pesquisas recentes em ensino de Física indicam que um trabalho diferenciado do professor, porta voz dos agentes incentivadores, pode favorecer essa motivação e garantir as ferramentas necessárias para que os estudantes vejam a física sob uma nova perspectiva. Acredita-se que a HCEF e o ENCI assumam o papel desses

agentes motivadores lapidando a relação professor-aluno, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem e promovendo o estímulo necessário para um aprendizado prazeroso e eficaz da Física. Mesmo partindo de pressupostos diferentes essas abordagens têm um objetivo comum, a saber, transformar a sala de aula em um ambiente que fuja da concepção mecanicista de ensino e promova uma aprendizagem sistemática e significativa, fomentando a argumentação, a reflexão e a participação dos alunos. Obviamente que a postura do professor, as atividades propostas e os materiais utilizados têm papel fundamental para que o objetivo seja atingido, independentemente da abordagem utilizada.

Nesse contexto, acredita-se que com os instrumentos pedagógicos apropriados as transformações aconteçam e as dificuldades sejam transformadas em oportunidades: oportunidade para vencer as lacunas do conhecimento, para incentivar a reflexão, o questionamento, a argumentação, a interação, a curiosidade e, por fim, a oportunidade de proporcionar a todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem um novo olhar sobre a Física, não só como disciplina escolar, mas, sobretudo, como construção humana, capaz de proporcionar significativas contribuições para os avanços científicos, tecnológicos e sociais.

Esse trabalho tem, portanto, o objetivo de desenvolver, aplicar e validar uma Sequência Didática sobre Eletromagnetismo segundo a concepção de Guimarães e Giordan (2012, 2013) na perspectiva de uma articulação entre História da Ciência no Ensino de Física e do Ensino por Investigação.

REFERENCIAL TEÓRICO

Embora as teorias educacionais tenham evoluído sobremaneira, as práticas cotidianas do professor não acompanharam essa evolução; é comum que nós, professores, ensinemos aos nossos alunos como fomos ensinados por nossos mestres a 20 ou 30 anos atrás. Ainda reproduzimos o modelo vivido ao longo de nossa vida acadêmica. Por mais que tenhamos consciência da necessidade de mudanças continuamos atrelados a modelos tradicionais e obsoletos que não contribuem em nada para a mudança do sistema educacional vigente. Não estamos acompanhando, ou pelo menos da forma como deveríamos, o desenvolvimento tecnológico e científico e a evolução histórica das teorias da aprendizagem. As práticas atuais ainda estão longe de atingir os seus reais objetivos e costumam valorizar a aquisição de conhecimentos isolados e descontextualizado em detrimento de uma prática que transfira e construa competências.

Segundo Carvalho

Não podemos mais continuar ingênuos sobre como se ensina, pensando que basta conhecer um pouco o conteúdo e ter jogo de cintura para mantermos os alunos nos olhando e supondo que enquanto prestam atenção eles estejam aprendendo. Temos de incorporar a imensa quantidade de pesquisas feitas a partir dos anos 50 sobre a aprendizagem em geral e especificamente sobre a aprendizagem dos conceitos científicos (Drive et al., 1996 e Adúriz-Bravo et al., 2002, apud Carvalho et al. 2004, p. 1-2).

Para promover as intervenções necessárias à garantia do sucesso de seu fazer pedagógico o educador deve repensar a sua prática pedagógica, promover as correções necessárias à otimização do processo e, se necessário, alterar a qualidade de suas aulas. Mas para isso é necessário que ele saia de sua zona de conforto e se proponha a abandonar um modelo pronto, em vigor a séculos, e pesquise, e estude, e busque posturas realmente inovadoras. Eis o desafio: buscar práticas que privilegiem um aprendizado transformador e emancipatório.

Há de se dizer, sem medo de errar, que é o que todos nós, educadores, buscamos em nossa prática pedagógica diária: educar para transformar a realidade a nossa volta, educar para libertar, educar para promover cidadãos críticos e conscientes do

seu dever social, educar para a vida. Há de se dizer, também sem medo de errar, que essa tarefa é árdua e muito raramente seu objetivo é atingido em sua plenitude.

Nesse contexto surge o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) e a História da Ciência no Ensino de Física (HCEF), um conjunto de ideias que, acredita-se, possa promover uma reflexão a respeito do ato de ensinar Ciências, motivando uma postura diferenciada do educador, proporcionando mudanças em seu fazer pedagógico e incrementando práticas arcaicas com novas estratégias de ensino e aprendizagem.

A utilização da História da Ciência e do Ensino por Investigação não são temáticas recentes. (SHERRATT, 1982-1983, apud MARTINS 2006) mostra que as primeiras propostas para a utilização da história da ciência na educação ocorreram há mais de um século. Vários trabalhos sinalizam para as potencialidades do Ensino de Ciências por Investigação e do uso da História da Ciência no Ensino de Física (PAULA, 2006, MARTINS, 2006, GATTI et al, 2010, CARVALHO, 2013, MUNFORD E LIMA, 2007). Na tentativa de expor tais potencialidades fez-se uma breve revisão da literatura sobre as implicações didáticas de se utilizar essas duas abordagens no ensino de Física. Os dois tópicos abaixo sintetizam as concepções de alguns pesquisadores sobre o tema em questão e apresenta as bases teóricas que justificam a confecção de uma SD com atividades que apresentam algumas características do ENCI e da HCEF.

O Ensino de Ciências por Investigação (ENCI)

Segundo o educador americano Peter Dow “não há nada de novo em aprender ciências através da investigação. Realizar observações, colocar questões e investigar sempre foram uma abordagem fundamental para compreender o mundo” (Munford e Lima, 2007, p. 96). Sem querer banalizar, pode-se inferir que essa afirmação está de acordo com a ideia comum de que a curiosidade, característica natural do ser humano, pode conduzir todas as ações do Homem e, por isso, deve ser extremamente útil no aprendizado das ciências naturais afinal, a curiosidade induz a investigação (MUNFORD e LIMA, 2007).

Porém, mesmo não sendo inovador, como afirma Dow, é comum que muitos professores considerem o Ensino por Investigação uma prática moderna na arte de ensinar ciência. O fato é que se discute a investigação como parte integrante do ensino de ciências desde que esta passou a fazer parte do currículo de vários países, em meados do século XIX (Bybee & DeBoer, 1994; DeBoer, 2006; Leite, 2001, APUD, BATISTA, 2010).

Para Munford e Lima (2007) o Ensino por Investigação em ciências na sua roupagem atual é fruto do trabalho de estudiosos da educação preocupados em reverter uma prática pedagógica centrada na memorização e na transmissão pura e simples de um conteúdo, e não surgiu de forma natural, como muitos podem pensar; é consequência de intensas discussões nas áreas da filosofia, da sociologia e da própria história da ciência. Porém, o que se observa na prática é que essa abordagem investigativa ainda está muito distante da maioria das salas de aula; o que se vê ainda em grande parte das instituições de ensino são professores discursando sobre seu conteúdo, passando matéria no quadro, enquanto os alunos prestam atenção (?) em sua explanação e depois copiam a matéria; segue então uma lista de exercícios que, salvo raras exceções, priorizam a memorização pura e simples e a aplicação de fórmulas. Realmente, a investigação como metodologia de ensino tem estado muito distante de nossas práticas educativas.

Afinal, o que significa ensinar por investigação? Na tentativa de responder essa questão pode-se verificar a existência de uma grande variedade de definições onde cada autor defende sua perspectiva de entendimento.

Ensinar por investigação é criar estratégias de ensino bem diferentes daquelas que normalmente são utilizadas em sala de aula; é criar atividades que possibilitem uma aprendizagem significativa em detrimento de uma aprendizagem meramente mecanicista; é se distanciar do ensino tradicional onde o professor, o centro do processo, “supostamente ensina”, e o aluno, um mero coadjuvante, “supostamente aprende” (BAPTISTA, 2010).

Na prática do Ensino por Investigação o professor não deve fornecer respostas definitivas nem impor seus pontos de vista; a abordagem investigativa tende a levar o estudante a criar o seu próprio conceito de um determinado conteúdo, uma vez que ele participa ativamente desse processo de construção do conhecimento; isso lhe permite aprender a argumentar e exercitar a razão (CARVALHO et al, 2004).

O ensino de ciências por investigação deve proporcionar, acima de tudo, interação; interação entre estudantes, entre aluno e professor, entre aluno e ambiente, entre professores; isso é mister para que todos possam explorar e experimentar o mundo a sua volta. É conveniente ressaltar, até mesmo porque essa é a justificativa de alguns professores que resistem a abordagem investigativa em suas aulas, que os alunos “não são abandonados à própria sorte, nem ficam restritos a uma manipulação ativista e puramente lúdica” (LIMA e MAUÉS, p.172,2006)

Eles são inseridos em processos investigativos, envolvem-se na própria aprendizagem, constroem questões, elaboram hipóteses, analisam evidências, tiram conclusões, comunicam resultados. Nessa perspectiva, a aprendizagem de procedimentos ultrapassa a mera execução de certo tipo de tarefas, tornando-se uma oportunidade para desenvolver novas compreensões, significados e conhecimentos do conteúdo ensinado(idem).

O ensino por investigação deve ter a capacidade de “fomentar o questionamento, o planejamento, a recolha de evidências, as explicações com bases nas evidências e a comunicação” (Batista, 2010, p.79). Nessa perspectiva de ensino o aluno não pode e não deve comportar-se como um simples ouvinte; é mister que ele interaja e se envolva com a própria aprendizagem; nesse contexto, cabe ao professor criar atividades que estimulem a curiosidade, a reflexão, a discussão, a investigação, a leitura, a autonomia; a tarefa não é fácil e requer um distanciamento enorme do ensino tradicional.

Para Carvalho (2013), no ensino por investigação o estudante ocupa o lugar de protagonista no processo de ensino e aprendizagem uma vez que é ele quem busca a solução dos problemas propostos iniciando, assim, a construção do conhecimento e a liberdade intelectual. Nessa abordagem de ensino busca-se desenvolver habilidades que estejam próximas de uma cultura científica, o que não significa formar cientistas; não se deve esquecer que o principal objetivo da escola é oportunizar o aprendizado de um conhecimento científico já estabelecido e não a produção de novos saberes; a ideia é se apropriar desse conhecimento científico de uma maneira diferente, utilizando habilidades cognitivas próximas de uma prática científica; o objetivo é alfabetizar cientificamente.

Munford e Lima (2007) trata desse assunto em seu artigo quando diz que existe um grande espaço entre a ciência que se ensina em sala de aula e aquela praticada pelos cientistas em seus laboratórios; porém, ressalta também que há uma grande tendência em aproximar essas duas ciências, uma vez que alguns pesquisadores afirmam que para aprendê-la é necessário utilizar práticas cotidianas dos cientistas.

...Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo, tornando-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento (Driver et al., 1999, p.36, apud Munford e Lima, 2007, p. 93).

O Ensino de Ciências por Investigação também está presente nos documentos oficiais mais recentes que tratam da educação formal. Como exemplo podemos citar um trecho presente na última versão da BNCC, homologada em 2018, que diz o seguinte:

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental. (BNCC 2018, pag. 551)

Por fim, vale ressaltar que em uma abordagem de ensino que prima pela investigação, os alunos tendem a sair da inércia imposta pelas aulas tradicionais e se lançam na aventura do descobrir, do buscar, do errar, do acertar; enfim, abandonam a passividade do ensino clássico em detrimento do dinamismo da arte de fazer ciência.

A História da Ciência no Ensino de Física (HCEF)

É corrente a concepção de que o passado pode ajudar a entender o presente. Por isso, recorrer à História da Ciência para incrementar o ensino de Física parece ser uma estratégia que, se bem administrada, pode gerar resultados bastante satisfatórios, uma vez que tende a vincular o saber científico às circunstâncias em que foi concebido.

Pesquisas recentes têm alertado para a importância da inclusão da História da Ciência no Ensino de Física (Gebara, 2015; Martins, 2006; Quintal, 2008; Gatti et al, 2010; Forato et al, 2011; Rodrigues Júnior et al, 2015;). Em uma revisão literária sobre o tema, feita em alguns dos periódicos mais relevantes quando o assunto é ciência e educação, Rodrigues Júnior et al (2015) encontrou, entre janeiro de 2010 e julho de 2014, 36 artigos que versam sobre as implicações didáticas da História da Ciência no Ensino de Física. Essas pesquisas mostram que as possibilidades didáticas associadas ao uso de aspectos da HCEF são inúmeras e vêm despertando grande interesse entre os educadores. Matthews (1995) elenca alguns motivos que podem fazer com que essa abordagem contribua sobremaneira para o ensino de Ciências.

- Motiva e atrai os alunos.
- Humaniza a matéria
- Promove uma melhor compreensão dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento.
- Há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência – a revolução científica, o darwinismo, etc.
- Demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que se opõem à ideologia científica.
- A história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (Mattheus 1995, p. 172-173)

Apesar de consensual entre a maioria dos pesquisadores vale a pena ressaltar que a inserção da História da Ciência no ensino de ciências não é unânime. Na década de 60, em seu livro “A estrutura das revoluções científicas” Thomas S. Kuhn apontou argumentos desfavoráveis a essa abordagem em sala de aula, afirmando que “a exposição à História da Ciência enfraquecia as convicções científicas necessárias à conclusão bem-sucedida da aprendizagem da Ciência” (MATTHEWS, 1995).

O historiador de Ciência Stephen Brush também apresentou argumentações contrárias à introdução da História da Ciência no ensino. Entre seus argumentos destaca-se aquele que alega que a abordagem de episódios históricos pode arruinar o caráter objetivo do conhecimento científico. Assim, “o professor que quer doutrinar seus estudantes no papel tradicional do cientista como um descobridor de fatos não deveria utilizar materiais históricos, como os que estão sendo preparados pelos historiadores da ciência” (Brush, 1974 p. 1170, apud Silva, 2008).

Segundo Matthews, 1995, Martin Klein foi outro que levantou a voz contra essa abordagem pedagógica, argumentando que a história que alimenta o ensino de ciências é uma pseudo-história, que pode conter erros por omissão, distorção de fatos históricos, uma simplificação demasiada da história e, destarte, ficar aquém do alto padrão de veracidade que lhe é cabível. Então, melhor não usá-la. Para o pesquisador

Uma razão pela qual é difícil fazer-se com que a história da Física atenda às necessidades do ensino da Física é a diferença fundamental que há entre a perspectiva do físico e a do historiador. (...) É tão difícil imaginar-se a combinação da riqueza de complexidade do fato, por que anseia o historiador, com o simples corte agudo do fenômeno que a física procura. (Klein 1972, p. 16, apud Mathews, 1995).

Embora o professor deva estar atento às complicações mencionados acima elas não devem inibir o uso da história da ciência no ensino de Física; no entanto, essa utilização deve ser criteriosa e respeitar os propósitos pedagógicos (Silva, 2008).

Segundo Paula (2006) existem diferentes abordagens para se integrar a História da Ciência ao Ensino de Física. Esse resgate histórico pode se efetivar através de atividades como a reprodução de experimentos históricos, as experiências de pensamento, o emprego de recursos computacionais e através da exploração de textos. Tais instrumentos não precisam estar atrelados entre si e podem ser utilizados de acordo com a realidade do professor e do ambiente escolar, em conjunto ou isoladamente, dependendo do assunto a ser abordado.

Experimentos históricos consistem naquelas experimentações que foram capazes de romper com a ordem científica vigente na época e trouxeram uma nova compreensão à Ciência. As experiências de pensamento, largamente utilizadas na Física desde a antiguidade, “identificam uma classe de experimentos que se constituem não de materiais e substâncias, mas de ideias”. O emprego de recursos computacionais são cruciais quando a realização de um experimento não está ao alcance do professor; nesse caso simulações em computador permitem a realização de experiências que só seriam possíveis em laboratórios muito bem equipados. (Paula, 2006)

McComas (2013, apud Rodrigues Junior, 2015) também elenca diferentes estratégias que permitem utilizar a história da ciência no ensino de Física. Para o pesquisador o uso de fontes originais, estudos de caso, dramatizações, experimentos históricos, biografias e autobiografias de cientistas e a história da ciência presentes nos livros didáticos são abordagens que podem ser usadas quando o objetivo é entropor a história da ciência na educação científica.

As fontes originais possibilitam que os alunos estudem conceitos aceitos em determinado momento a partir de textos escritos por cientistas. Essa abordagem da história da ciência permite discussões enriquecedoras a respeito do contexto histórico vigente na época. O estudo de caso histórico tem por finalidade resgatar o contexto em que se deu algumas questões relevantes na Ciência; esse resgate pode ser útil

na compreensão das razões que motivaram o desenvolvimento da Ciência e no reconhecimento de questões inerentes à realidade do cientista (questões éticas, políticas, econômicas, religiosas).

A dramatização é uma técnica onde os alunos interpretam grandes vultos da história da ciência com o objetivo de agir, debater ou responder como se fossem eles. Os Experimentos históricos nada mais são que reproduções de experimentos práticos relacionados com algumas questões históricas da ciência e devem estar incluídos em seus respectivos contextos históricos, a fim de extrapolar a ideia de experimentação como um acontecimento isolado na elaboração do saber científico. A biografia e autobiografia relatam a vida e a obra dos cientistas escritas por eles mesmos ou por outra pessoa. A História da ciência em livros didáticos está relacionada a conteúdos históricos presentes nesses livros e podem ser usados pelo professor como apoio ao processo de aculturação científica. (Rodrigues Junior, 2015)

Vale destacar que as estratégias descritas acima não constituem divisões estanques, elas podem se complementar. A análise de um texto histórico pode ser enriquecida com uma dramatização, com a realização de um experimento histórico ou, caso os recursos disponíveis inviabilizem a atividade experimental, uma simulação computacional através dos vários aplicativos disponibilizados gratuitamente na internet pode ser um ótimo recurso para concluir o tópico estudado.

Outro fator que contribui para a crescente preocupação de se utilizar a HCEF nas práticas docentes é a presença da História da Ciência em documentos oficiais; as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN +) fala sobre a contextualização no ensino de ciências enfatizando que essa contextualização “abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural” (BRASIL, 2002, p. 31); o mesmo documento traz como objetivo de uma das competências da área da Ciência da Natureza, a Ciência e tecnologia na história, “compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (BRASIL, 2002, p. 32). Na disciplina de Física os objetivos que contemplam essa competência são bem mais específicos, como pode-se ver abaixo.

- Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época(...)
- Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas(...)
- Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades(...)
- Perceber o papel desempenhado pelo conhecimento físico no desenvolvimento da tecnologia e a complexa relação entre ciência e tecnologia ao longo da história (...). (BRASIL, 2002, p. 67).

Outro documento oficial, ainda em elaboração, mas que nos remete a uma abordagem histórica no ensino de ciência é a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), que define os direitos e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento que devem direcionar a elaboração dos currículos nacionais para a Educação Básica. Em vários trechos desse documento encontram-se referências que nos remetem a uma prática pedagógica associada a uma abordagem histórica da ciência.

Na BNCC (2ª versão revista, 2016) os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento da Física estão organizados a partir dos chamados eixos formativos. Um desses eixos está diretamente relacionado ao tema em questão: “contextualização social, cultural e histórica dos conhecimentos das Ciências da Natureza”. Nesse contexto pode-se considerar que a Física integra a cultura em seu sentido mais amplo, uma vez que deve ser tratada nas dimensões histórica, social e cultural.

A Física é uma construção humana e como tal deve ser apresentada. Isso implica considerar a história passada e presente, em suas diversas interpretações possíveis, como caminho para a compreensão da ciência como instituição social (...) as dimensões histórica e social nos ajudam a perceber a Física como conhecimento produzido em um contexto complexo de relações e demandas sociais, em uma via de mão dupla com o desenvolvimento tecnológico. Saber Física e sobre a Física contribui para entender e posicionar-se criticamente frente a questões técnico-científicas da

atualidade que envolvem diversos interesses e grupos sociais. (BNCC, 2ª versão revista, pag. 587, 2016)

O primeiro dos dez objetivos gerais de formação da área de Ciências da Natureza para o Ensino Médio elencados pela BNCC deixa claro a importância da história da ciência no ensino quando diz: “Apropriar-se da cultura científica como permanente convite à dúvida, reconhecendo-a como um empreendimento humano, portanto, histórico e social, e considerando seus princípios como sínteses provisórias de uma construção ininterrupta” BNCC , 2ª versão revista, 2016, pag. 584) . Esse objetivo deixa claro que os conhecimentos devem ser percebidos em sua dinâmica histórica e social em um processo marcado ora por rupturas ora por continuísmos dos dogmas vigentes em cada época.

Na versão final da BNCC para a etapa do Ensino Médio, homologada em dezembro de 2018, pode-se ler

...a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. (BNCC 2018, pag. 550)

Além dos PCN, a História da Ciência também aparece no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de Física para o ensino médio. Nesse documento orienta-se para que haja, na medida do possível, uma inter-relação entre os conhecimentos científicos e os aspectos históricos, tecnológicos, sociais e econômicos, com o objetivo de formar um aluno consciente, crítico, cidadão. (PNLD-FÍSICA, 2018). Percebe-se, dessa forma, a importância atribuída à história da ciência como eixo norteador para o ensino de ciências, uma vez que ela proporciona ao aluno “questionar e compreender melhor processos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos” (BRASIL, 2002, p.18).

Nesse contexto, a introdução desse novo elemento em sala de aula acena com um vasto cenário de possibilidades para se compreender o processo de construção do conhecimento científico. Essa abordagem permite que o aluno se afaste de uma

concepção equivocada e fragmentada do fazer científico que lhe sugere uma ideia de verdade absoluta e situa esses conhecimentos físicos no campo das atividades humanas indo ao encontro de uma visão de ciência contextualizada com o contexto histórico, político, social e econômico em que os conhecimentos físicos se desenvolveram. Dessa forma é importante que o professor apresente aos estudantes diferentes interpretações de fenômenos e problemas para que eles possam adotar uma postura crítica que os levem a refletir, questionar, se posicionar e participar ativamente do processo de construção do conhecimento.

É importante esclarecer que o professor de Física não vai lecionar História da ciência; tampouco vai trocar a Física pela sua história; ele simplesmente vai utilizá-la como subsídio metodológico para promover um ensino mais contextualizado e deixar suas aulas mais atraentes e motivadoras. No entanto, faz-se necessário destacar, a história da ciência não pode ser vista como uma panaceia para o ensino de Física (Gebara, 2015); reitera-se que ela deve ser vista apenas como mais um instrumento pedagógico que o professor pode disponibilizar para transformar a sua prática em sala de aula.

Como se pode ver existe uma expectativa de que o professor do Ensino Médio se comprometa a incorporar elementos da História da Ciência em sua prática pedagógica; sabe-se que não é uma tarefa fácil; a inserção de modo efetivo e contextualizado dessa abordagem no ambiente educacional é bastante complexa e são vários os reveses encontrados pelo caminho. Talvez o maior deles seja o despreparo do educador para lidar com essas novas ideias e promover uma mudança em sua metodologia de ensino. A boa notícia é que esse obstáculo pode ser superado; a literatura sobre as implicações didáticas do uso da História da Ciência no ensino de física vem ganhando corpo nos últimos anos; um estudo desse material, ou de parte dele, pode ser o início de uma ruptura com uma prática educativa arcaica e puramente mecanicista.

CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO

Muitos estudiosos já defendem um ensino de Física estruturado em conceitos de forma que se trabalhe a natureza daquilo que se estuda criando um ambiente onde é possível fazer discussões dando condições para a construção de uma aprendizagem sólida com a qual os alunos consigam relacionar as teorias da Física ao mundo real. Existe o entendimento por parte de muitos teóricos de que é preciso dar mais ênfase à fenomenologia que ao uso de equações.

Apesar do produto dessa dissertação privilegiar uma abordagem qualitativa do Eletromagnetismo esse capítulo aborda o assunto da forma que costuma aparecer em livros didáticos voltados para cursos de graduação. Nesse contexto é necessário evidenciar as equações matemáticas que descrevem os fenômenos estudados.

Nos parágrafos seguintes procuro descrever sucintamente, em um nível superior ao considerado no currículo do Ensino Médio, os principais conceitos que aparecem na maioria dos materiais didáticos destinados a estudantes do Ensino Médio.

Uma breve história do eletromagnetismo

Hoje em dia sabe-se que os efeitos elétricos e magnéticos estão diretamente relacionados, mas nem sempre foi assim. Um longo caminho precisou ser trilhado por diversos estudiosos para que se chegasse a essa conclusão.

O magnetismo é conhecido desde as civilizações antigas. Tales de Mileto, que viveu na Grécia no século VII a.C., já conhecia os efeitos da atração e repulsão de uma pedra de um tipo de óxido de ferro. Também existem registros de que a civilização chinesa já utilizava a bússola desde o século III a.C. e que já sabia magnetizar o aço através de ímãs naturais (NOVACK, 1999).

Na idade média Petrus Peregrinus produziu uma obra intitulada *Epístola de Magnete*, onde relatava experiências com o magnetismo. Esse foi o primeiro trabalho conhecido que buscou explicar os fenômenos elétricos e magnéticos, no entanto Peregrinus não fazia distinção entre a atração magnética e a elétrica. Essa obra permaneceu ignorada até fins do século XVI (TONIDANDEL, 2018).

Ainda de acordo com Tonidandel (2018), o primeiro tratado sobre o magnetismo, *De Magnete*, datado de 1600, foi escrito por Gilbert, o primeiro a dizer que a Terra era um grande magneto.

Em 1820 Christian Oersted mostrou experimentalmente a relação entre eletricidade e magnetismo. Seu experimento evidenciou que a agulha de uma bússola mudava de direção quando colocada nas proximidades de um fio percorrido por corrente elétrica. A observação de Oersted despertou o interesse de vários pesquisadores, dentre eles Michael Faraday, gênio experimental que utilizou pela primeira vez o termo campo magnético, e que se propôs a usar magnetismo e movimento para gerar eletricidade. Sua determinação produziu resultados. Em 1831 observou que quando movimentava um ímã para dentro e para fora de uma bobina esta passava a ser percorrida por corrente elétrica. Surgia assim a indução eletromagnética, descoberta que gerou efeitos profundos para a compreensão da eletricidade e tecnologia do século XIX.

Dando continuidade às suas pesquisas Faraday também observou experimentalmente outro fenômeno, conhecido como efeito Faraday, que passou a dar indícios de que outro ramo da Física também formaria uma relação de união com os já unificados eletricidade e magnetismo: a óptica. O efeito é um fenômeno de polarização da luz, que ao passar através de um meio isotrópico imerso em um intenso campo magnético tem seu plano de polarização modificado pelo campo magnético. O mais impressionante é que ele fez tudo isto sem nunca ter escrito uma equação. Isto ficou para o outro gênio, James Clerk Maxwell, sábio escocês criador das equações gerais do eletromagnetismo. As quatro equações de Maxwell sintetizam magistralmente essa área do saber. (NOVACK, 1999).

Ainda de acordo com Novack (1999), o século XX foi marcado pelo surgimento da mecânica quântica que facilitou a compreensão do moderno magnetismo. Este entendimento foi intimamente ligado ao desenvolvimento da mecânica estatística e termodinâmica quântica, principalmente quanto aos fenômenos cooperativos. Do ponto de vista clássico duas importantes contribuições surgiram:

- ✓ A primeira teoria moderna do magnetismo com o conceito de campo molecular de Weiss e a famosa Lei de Curie-Weiss, seguida pela maioria dos sistemas magnéticos, mesmo sem uma explicação clássica para o valor do campo molecular.
- ✓ O Teorema de Van Leeuwen, que dizia: “Classicamente a qualquer temperatura, campos magnéticos e elétricos, a magnetização total de um conjunto de elétrons em equilíbrio térmico é identicamente nula”, demonstrado utilizando-se as Equações de Maxwell e a estatística de Boltzmann. Em outras

palavras o magnetismo não pode ser explicado pela física clássica, ele é intrinsecamente quântico.

A mecânica quântica antiga explicou a origem dos momentos magnéticos atômicos com o modelo de Bohr estabelecendo a unidade fundamental do momento magnético, o magneton de Bohr. A Mecânica Quântica nova, com a formulação ondulatória de Schrödinger, a matricial de Heisenberg e a relativística de Dirac estabeleceu uma base que foi aplicada com sucesso em sólidos e mecânica estatística. A partir daí Pauli, Heisenberg e Dirac finalmente descreveram o spin do elétron, o ferromagnetismo e a origem do campo de Weiss. (NOVACK, 1999)

A eletricidade e o magnetismo no mundo contemporâneo estão presentes em todos os setores econômicos, desde as áreas de transporte e comunicação, passando pelas de produção, até as de lazer. As aplicações do Eletromagnetismo são incontáveis e mudam a cada ano. Durante várias décadas, a indústria do entretenimento usou fitas magnéticas para gravar sons e imagens. Embora hoje em dia as fitas de áudio e vídeo tenham caído em desuso, a indústria ainda precisa dos ímãs que controlam os CD players e os DVD players; os alto-falantes dos aparelhos de rádio e televisão, dos computadores e dos telefones celulares também utilizam ímãs. Um carro moderno vem equipado com dezenas de ímãs, que são usados no sistema de ignição, no motor de arranque e também para acionar componentes, como vidros elétricos, limpadores de para-brisas e tetos solares. Muitas campainhas de porta e trancas automáticas também trabalham com ímãs. Na verdade, vivemos cercados por ímãs.

O que Produz um Campo Magnético?

Como o campo elétrico é produzido por cargas elétricas, seria natural esperar que o campo magnético fosse produzido por cargas magnéticas. Entretanto, embora prevista em algumas teorias a existência de cargas magnéticas (conhecidas como monopolos magnéticos) ainda não foram observadas. Então, como produzir um campo magnético? Eles podem ser produzidos de duas maneiras distintas: usando partículas eletricamente carregadas em movimento, (como os elétrons responsáveis pela corrente elétrica em um fio) ou se baseando no fato de que muitas partículas elementares, entre elas o elétron, possuem um campo magnético intrínseco. O campo magnético é uma propriedade básica das partículas elementares, como a massa e a carga elétrica. Em alguns materiais os campos magnéticos dos elétrons se somam para produzir um campo magnético no espaço que cerca o material. Porém, na maioria

dos materiais os campos magnéticos dos elétrons se cancelam e o campo magnético em torno do material é nulo.

Para definirmos o campo magnético usaremos o fato experimental de que, quando uma partícula com carga elétrica se move na presença de um campo magnético ela fica sujeita à ação de uma força magnética. Podemos fazer isso medindo a força que age sobre a partícula quando ela passa, com várias velocidades e direções, pelo ponto no qual o campo magnético está sendo medido. Após executar vários experimentos desse tipo, constatamos que, quando a velocidade da partícula tem certa direção, a força magnética é zero. Para todas as outras direções da velocidade, o módulo da força é proporcional a $v \sin \phi$, em que ϕ é o ângulo entre a direção em que a força é zero e a direção da velocidade. Além disso, a direção da força é sempre perpendicular à direção da velocidade, resultados que sugerem que um produto vetorial. Em seguida podemos definir o campo magnético como uma grandeza vetorial cuja direção coincide com aquela para a qual a força é zero. Depois de medirmos a força magnética para uma velocidade perpendicular ao campo magnético, definimos o módulo do campo em termos do módulo da força:

$$\mathbf{B} = \frac{\mathbf{F}}{|q| v} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde \mathbf{B} representa o campo magnético, \mathbf{F} a força magnética, $|q|$ o módulo da carga elétrica e \mathbf{v} a sua velocidade.

A unidade de campo magnético no SI é o Newton por coulomb-metro por segundo. Por conveniência, essa unidade é chamada de tesla (T):

$$1T = 1 \frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb.metro/segundo}}$$

Lembrando que 1 Coulomb/segundo equivale a 1 Ampére temos que

$$1T = 1 \frac{\text{Newton}}{\text{Ampére.metro}}$$

Uma unidade antiga de campo magnético que não pertence ao SI mas ainda é usada na prática é o Gauss (G). A relação entre o Gauss e o tesla é a seguinte:

$$1\text{Telsla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

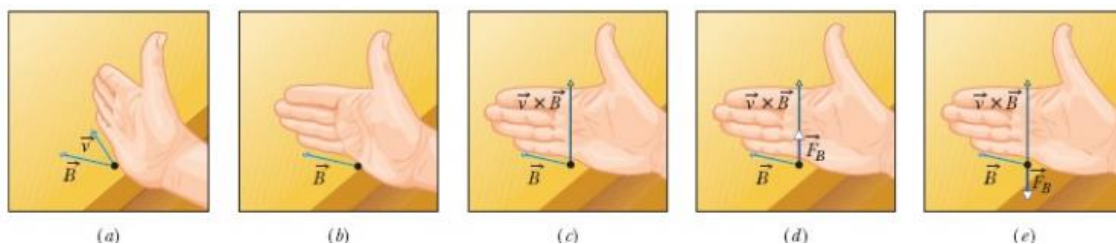
É interessante saber que o campo magnético na superfície da Terra é da ordem de 10^{-4} T ($100 \mu\text{T}$ ou 1 G).

A equação que define o campo magnético também pode ser escrita usando a seguinte equação vetorial:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad \text{Eq. 2}$$

Essa equação fornece a orientação da força magnética. O produto vetorial $\vec{v} \times \vec{B}$ é um vetor perpendicular aos vetores \vec{v} e \vec{B} . De acordo com a regra da mão direita (Figs. 1a a 1c), o polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de \vec{v} para \vec{B} . Se a carga q é positiva, a força tem o mesmo sinal que $\vec{v} \times \vec{B}$; assim, para q positiva a força magnética aponta no mesmo sentido que o polegar (Fig. 1d). Se q é negativa, a força e o produto vetorial $\vec{v} \times \vec{B}$ têm sinais contrários e, portanto, apontam em sentidos opostos. Assim, para q negativa a força aponta no sentido oposto ao do polegar (Fig. 1e).

Figura 1(a)-(c) Na regra da mão direita, o polegar da mão direita aponta na direção de $\vec{v} \times \vec{B}$ quando os outros dedos apontam de \vec{v} para \vec{B} passando pelo menor ângulo ϕ entre os dois vetores. **(d)** Se a carga q é positiva, a força tem o mesmo sentido que $\vec{v} \times \vec{B}$. **(e)** Se a carga q é negativa, a força tem o sentido oposto ao de $\vec{v} \times \vec{B}$.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Resolvendo o produto vetorial da equação acima o módulo da força magnética aparece na forma

$$\mathbf{F} = |q|\mathbf{v}\mathbf{B}\sin \phi \quad \text{Eq 3}$$

onde ϕ é o ângulo entre as direções do vetor velocidade e do vetor campo magnético. A partir dessa equação podemos concluir que a força magnética é zero quando a carga é zero, quando a partícula está parada ou quando a velocidade e o campo possuem a mesma direção ($\phi = 0^\circ$ ou $\phi = 180^\circ$). A força magnética é máxima quando $\phi = 90^\circ$ (velocidade perpendicular ao campo magnético) e, nesse caso, a carga descreve uma trajetória circular. O raio dessa trajetória pode ser obtido igualando-se a força magnética à força centrípeta. Se a velocidade da partícula possui uma componente paralela ao campo magnético, a partícula descreve um movimento helicoidal em torno do vetor campo magnético. É importante ressaltar que a componente da força magnética na direção da velocidade é sempre nula. Isso significa que a força magnética não pode mudar a velocidade escalar da partícula. A força pode mudar apenas a direção do vetor velocidade, ou seja, a trajetória da partícula; esse é o único tipo de aceleração que a força magnética pode imprimir à partícula.

Linhas de campo magnético

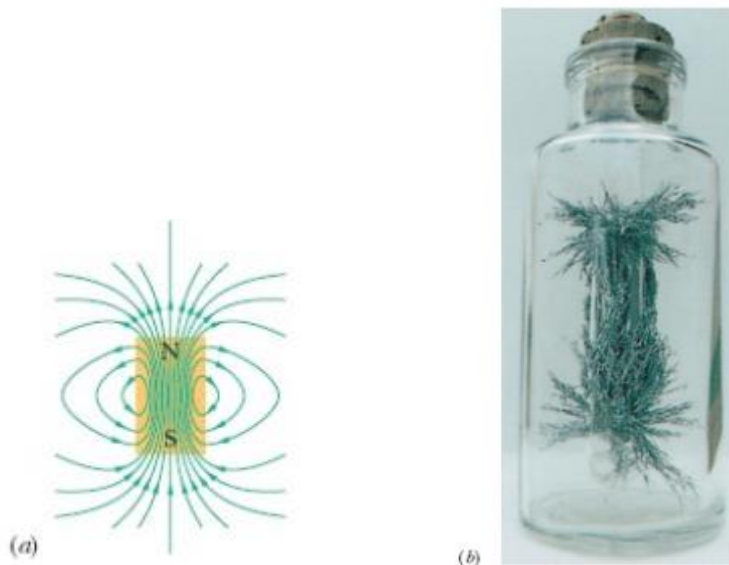
O campo magnético pode ser representado por linhas de campo com as seguintes características:

- ✓ A direção da tangente a uma linha de campo magnético em qualquer ponto fornece a direção do campo nesse ponto.
- ✓ As linhas de campo formam superfícies fechadas
- ✓ O espaçamento das linhas representa o módulo do campo magnético; quanto mais intenso o campo, mais próximas estão as linhas.

A Fig. 2a mostra as linhas de campo magnético nas proximidades de um ímã em forma de barra. Todas as linhas passam pelo interior do ímã e formam curvas fechadas (mesmo as que não parecem formar curvas fechadas na figura). O campo magnético externo é mais intenso perto das extremidades do ímã, o que se reflete em um menor espaçamento das linhas. Isso significa que o ímã em forma de barra da Fig. 2b recolhe muito mais limalha de ferro nas extremidades. As linhas de campo entram no ímã por uma das extremidades e saem pela outra. A extremidade pela qual as linhas saem é chamada de polo norte do ímã; a outra extremidade, pela qual as linhas entram, recebe o nome de polo sul. Como um ímã tem dois polos, dizemos que ele se

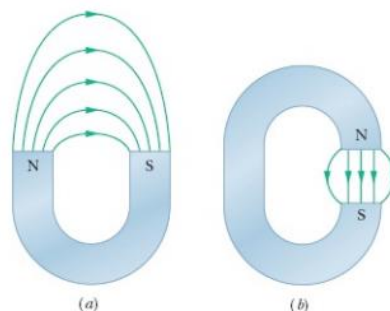
comporta como um dipolo magnético. A Fig. 3 mostra outros dois tipos comuns de ímãs: o ímã em forma de ferradura e o ímã em forma de C (no segundo tipo, o campo magnético entre os polos é aproximadamente uniforme). Seja qual for a forma dos ímãs, quando colocamos dois ímãs próximos um do outro sempre observamos que polos magnéticos de tipos diferentes se atraem e polos do mesmo tipo se repelem.

Figura 2(a) Linhas de campo magnético nas proximidades de um ímã em forma de barra. **(b)** Um ímã em forma de barra com limalha de ferro revelando as linhas de campo magnético.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Figura 3(a) Ímã em forma de ferradura e **(b)** ímã em forma de C



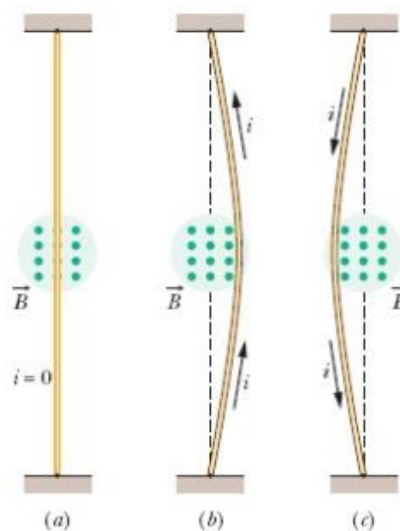
Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Força magnética em um fio percorrido por corrente elétrica

Já vimos que um campo magnético exerce uma força sobre os elétrons. Caso esses elétrons se movimentem em um fio produzindo corrente elétrica essa força é transmitida para o fio, já que os elétrons não podem deixá-lo. Na Fig. 4a, um fio

vertical, que não conduz corrente e está preso nas duas extremidades, é colocado no espaço entre os polos de um ímã. O campo magnético do ímã aponta para fora do papel. Na Fig. 4b, uma corrente para cima passa a circular no fio, que se encurva para a direita. Na Fig. 4c, o sentido da corrente é invertido e o fio se encurva para a esquerda.

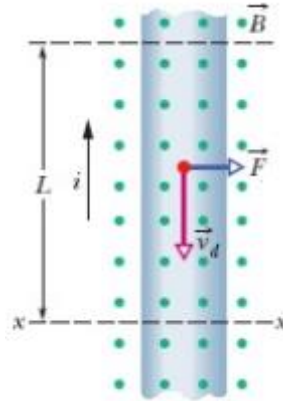
Figura 4 Um fio flexível passa entre os polos de um ímã. **(a)** Quando não há corrente, o fio não se encurva para nenhum lado. **(b)** Quando há uma corrente para cima, o fio se encurva para a direita. **(c)** Quando há uma corrente para baixo, o fio se encurva para a esquerda. As ligações necessárias para completar o circuito não são mostradas no desenho.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

A Fig. 5 mostra o que acontece no interior do fio da Fig. 4b. Os elétrons se movem para baixo e a regra da mão direita nos fornece uma força que aponta para a direita. Esperamos, portanto, que o fio como um todo experimente uma força para a direita, como mostra a Fig. 4b. Se na Fig. 5 invertermos o sentido do campo magnético ou o sentido da corrente, a força exercida sobre o fio mudará de sentido e passará a apontar para a esquerda. Observe também que não importa se consideramos cargas negativas se movendo para baixo (o que na realidade acontece), ou cargas positivas se movendo para cima; nos dois casos, o sentido da força é o mesmo. Podemos imaginar, portanto, para efeito dos cálculos, que a corrente é constituída por cargas positivas.

Figura 5 Vista ampliada do fio da Fig. 4b. O sentido da corrente é para cima, o que significa que a velocidade de deriva dos elétrons aponta para baixo. Um campo magnético que aponta para fora do papel faz com que os elétrons e o fio sejam submetidos a uma força para a direita.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Pode-se demonstrar que a força magnética que age sobre o fio é dada pela expressão vetorial

$$\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B} \quad \text{Eq 4}$$

Resolvendo o produto vetorial obtemos

$$F = B i L \sin \phi \quad \text{Eq 5}$$

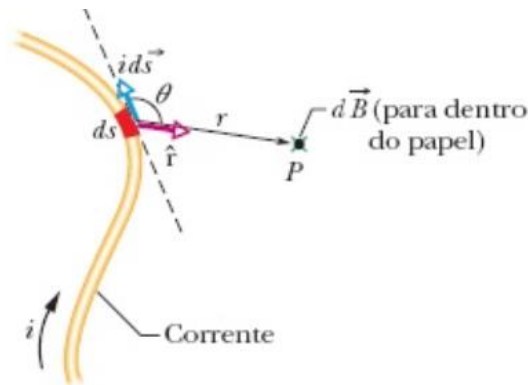
Onde **L** é o comprimento do fio, **i** é a corrente que o percorre e **φ** é o menor ângulo entre a corrente e o campo magnético **B**.

Campo magnético produzido por uma corrente elétrica

Partículas carregadas em movimento produzem campos magnéticos. Isso significa que uma corrente elétrica também produz um campo magnético. Nessa seção estudaremos os campos magnéticos gerados por corrente em fios retilíneos, em espiras e em solenoides.

Nosso primeiro passo será determinar o campo magnético produzido pela corrente em um pequeno elemento de um fio percorrido por corrente.

Figura 6 Um elemento de corrente $i \cdot d\vec{s}$ produz um elemento de campo magnético $d\vec{B}$ no ponto P.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

A Fig. 6 mostra um fio de forma arbitrária percorrido por uma corrente i . Estamos interessados em calcular o campo magnético em um ponto próximo P . Para isso, dividimos mentalmente o fio em elementos infinitesimais ds e definimos para cada elemento um vetor comprimento $d\vec{s}$ cujo módulo é ds e cuja direção é a direção da corrente no elemento ds . Podemos definir um elemento de corrente como $i \cdot d\vec{s}$ e calcular o campo $d\vec{B}$ produzido no ponto P por um elemento de corrente típico. Os experimentos mostram que os campos magnéticos, como os campos elétricos, podem ser somados para determinar o campo total. Assim, podemos calcular o campo total no ponto P somando, por integração, as contribuições $d\vec{B}$ de todos os elementos de corrente. Entretanto, esse processo é um pouco mais complicado que no caso do campo elétrico por causa de uma diferença: enquanto o elemento de carga dq que produz o campo elétrico é uma grandeza escalar, o elemento de corrente $i \cdot d\vec{s}$ responsável pelo campo magnético é o produto de uma grandeza escalar por uma grandeza vetorial e, portanto, é uma grandeza vetorial.

O módulo do campo $d\vec{B}$ produzido no ponto P por um elemento de corrente $i \cdot d\vec{s}$ é dado por

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i ds \sin \theta}{r^2} \quad \text{Eq 6}$$

em que θ é o ângulo entre as direções de $i \cdot d\vec{s}$ e \hat{r} , um vetor unitário que aponta de ds para P , e μ_0 é uma constante, conhecida como *constante magnética*, cujo valor, por definição, é dado por

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$$

A orientação de $d\vec{B}$, que é para dentro do papel na Fig. 6, é a do produto vetorial $d\vec{s} \times \hat{r}$. Podemos, portanto, escrever a Eq. 29-1 na forma vetorial como

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad \text{Eq 7}$$

Essa equação vetorial bem como sua forma escalar, Eq. 6, são conhecidas como **lei de Biot-Savart**. A lei, que se baseia em observações experimentais, é do tipo inverso do quadrado. Vamos usá-la para calcular o campo magnético total \vec{B} produzido em um ponto por fios de várias geometrias. Uma geometria é especialmente simples: De acordo com a Eq. 6, se um ponto P está na mesma reta que a corrente em um trecho de um fio, o campo magnético produzido no ponto P pela corrente nesse trecho é zero (o ângulo θ é 0° ou 180° , e $\sin 0^\circ = \sin 180^\circ = 0$).

Campo Magnético Produzido pela Corrente em um Fio Longo e Retilíneo

Vamos usar a lei de Biot-Savart para mostrar que o módulo do campo magnético a uma distância perpendicular R de um fio retilíneo longo (infinito) percorrido por uma corrente i é dado por

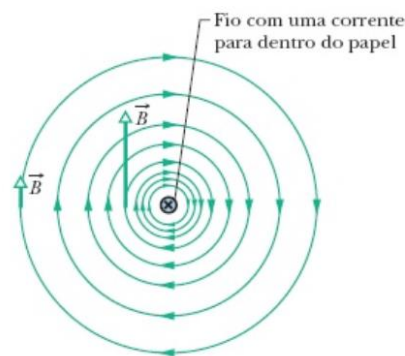
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \quad \text{Eq 8}$$

A demonstração da equação acima, que pode ser feita a partir da equação 6, será omitida, uma vez que ela foge aos nossos objetivos.

O módulo do campo B na Eq. 8 depende apenas da corrente e da distância perpendicular R entre o ponto e o fio. Vamos mostrar que as linhas de campo de \vec{B} formam circunferências concêntricas em torno do fio, como podemos observar no

diagrama da Fig. 7. O aumento do espaçamento das linhas com o aumento da distância na Fig. 7 reflete o fato de que o módulo de \vec{B} , de acordo com a Eq. 8, é inversamente proporcional a R . Os comprimentos dos dois vetores \vec{B} que aparecem na figura também mostram que B diminui quando aumenta a distância entre o ponto e o fio.

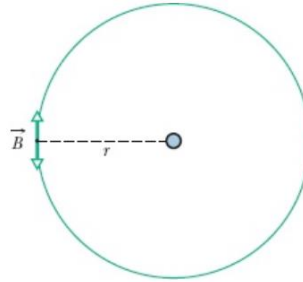
Figura 7 As linhas de campo magnético produzidas por uma corrente em um fio retilíneo longo são círculos concêntricos em torno do fio. Na figura, o sentido da corrente é para dentro do papel, como indica o símbolo \times .



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

O Sentido do Campo Magnético é dado pela regra da mão direita. Como as linhas de campo formam circunferências em torno de um fio longo e o campo magnético é tangente às linhas de força, é evidente que a direção do campo magnético é perpendicular à reta perpendicular ao fio que passa pelo ponto dado. Acontece que, como mostra a Fig. 8, existem dois sentidos possíveis para o vetor, um para o caso em que o sentido da corrente é para dentro do papel, e o outro para o caso em que o sentido da corrente é para fora do papel.

Figura 8 O vetor campo magnético em um ponto dado é perpendicular à reta perpendicular ao fio que passa pelo ponto, mas qual dos dois sentidos possíveis do vetor é o sentido correto?

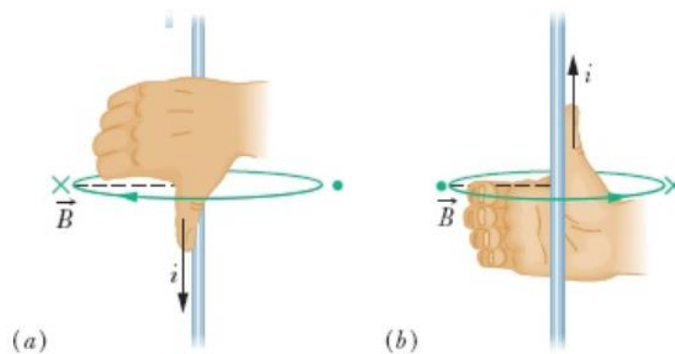


Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Como é possível saber qual é o sentido correto? Existe uma regra simples para isso, conhecida como regra da mão direita: Segure o fio na mão direita, com o polegar estendido apontando no sentido da corrente. Os outros dedos mostram a orientação das linhas de campo magnético produzidas pela corrente no fio.

O resultado da aplicação da regra da mão direita à corrente no fio retilíneo da Fig. 8 é mostrado, em uma vista lateral, na Fig. 9a. Para determinar o sentido do campo magnético produzido por essa corrente em um ponto do espaço, envolva mentalmente o fio com a mão direita, com o polegar apontando no sentido da corrente. Faça com que os outros dedos passem pelo ponto; o sentido da base para a ponta dos dedos é a orientação do campo magnético nesse ponto. Na vista da Fig. 7, \vec{B} em qualquer ponto é *tangente a uma linha de campo magnético*; nas vistas da Fig. 9, \vec{B} é *perpendicular à reta tracejada que liga o ponto ao fio*.

Figura 9 A regra da mão direita mostra o sentido do campo magnético produzido pela corrente em um fio. **(a)** Vista lateral do resultado da aplicação da regra da mão direita à corrente no fio retilíneo da Fig 8. O campo magnético em qualquer ponto à esquerda do fio é perpendicular à reta tracejada e aponta para dentro do papel, no sentido da ponta dos dedos, como indica o símbolo \times . **(b)** Quando o sentido da corrente é invertido, o campo em qualquer ponto à esquerda do fio continua a ser perpendicular à reta tracejada, mas passa a apontar para fora do papel, como indica o símbolo \bullet .

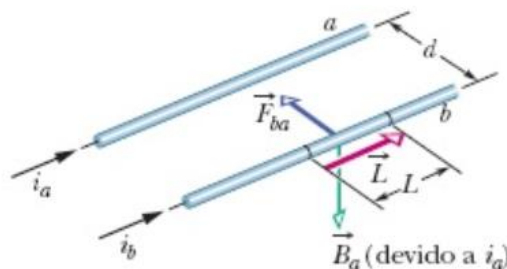


Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Forças entre Duas Correntes Paralelas

Dois longos fios paralelos, percorridos por correntes, exercem forças um sobre o outro. A Fig. 10 mostra dois desses fios, percorridos por correntes i_a e i_b e separados por uma distância d .

Figura 10 Dois fios paralelos que conduzem correntes no mesmo sentido se atraem mutuamente. é o campo magnético no fio b devido à corrente no fio a . é a força que age sobre o fio b porque o fio conduz uma corrente i_b na presença do campo.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Vamos analisar as forças exercidas pelos fios. Vamos calcular primeiro a força que a corrente no fio *a* exerce sobre o fio *b* da Fig.10. A corrente produz um campo magnético \vec{B}_a e é esse campo, na verdade, o responsável pela força que estamos querendo calcular. Para determinar a força, portanto, precisamos conhecer o módulo e a orientação do campo \vec{B}_a na posição do fio *b*. De acordo com a Eq.8 o módulo de \vec{B}_a , em qualquer ponto do fio *b*, é dado por

$$B_a = \frac{\mu_0 i a}{2\pi d} \quad \text{Eq 9}$$

De acordo com a regra da mão direita, o sentido do campo \vec{B}_a na posição do fio *b* é para baixo, como mostra a Fig. 10.

Agora que conhecemos o campo, podemos calcular a força exercida sobre o fio *b*. A força magnética em um fio retilíneo percorrido por uma corrente *i* e submetido a um campo magnético uniforme experimenta uma força lateral

$$\vec{F}_b = i\vec{L} \times \vec{B} \quad \text{Eq. 10}$$

A força que age sobre um elemento de corrente $i d\vec{L}$ na presença de um campo magnético \vec{B} é dada por

$$d\vec{F}_b = i d\vec{L} \times \vec{B} \quad \text{Eq. 11}$$

O sentido do vetor comprimento \vec{L} ou $d\vec{L}$ é o mesmo da corrente *i*.

De acordo com a Eq. 10, a força \vec{F}_{BA} a que está submetido um segmento *L* do fio *b* devido à presença do campo magnético externo \vec{B}_a , é dada por

$$\vec{F}_{BA} = i_B \vec{L} \times \vec{B}_A \quad \text{Eq. 12}$$

em que \vec{L} é o vetor comprimento do fio. Na Fig. 10, os vetores \vec{L} e \vec{B}_a são mutuamente perpendiculares e, portanto, de acordo com a Eq. 9, podemos escrever

$$F_{BA} = i_b L B_a \sin 90^\circ = \frac{\mu_0 L i_a i_b}{2\pi d} \quad \text{Eq. 13}$$

A direção da força \vec{F}_{BA} é a direção do produto vetorial $\vec{L} \times \vec{B}_a$. Aplicando a regra da mão direita para produtos vetoriais a \vec{L} e \vec{B}_a na Fig. 10, vemos que \vec{F}_{BA} aponta na direção do fio *a*, como mostra a figura.

Para se determinar a força exercida sobre um fio percorrido por corrente por outro fio percorrido por corrente, determine o campo produzido pelo segundo fio na posição do primeiro e, em seguida, determine a força exercida pelo campo sobre o primeiro fio.

Podemos usar esse método para determinar a força exercida sobre o fio *a* pela corrente que circula no fio *b*. O resultado é que a força aponta para o fio *b*, o que significa que dois fios com correntes paralelas se atraem. No caso em que as correntes têm sentidos opostos nos dois fios, o resultado mostra que as forças apontam para longe dos dois fios, ou seja, os fios se repelem.

Podemos dizer que correntes paralelas se atraem e correntes antiparalelas se repelem.

Lei de Ampère

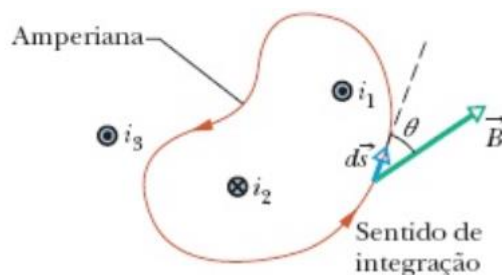
É possível obter o campo magnético total associado a *qualquer* distribuição de correntes somando os campos magnéticos elementares (Eq. 7) produzidos por todos os elementos de corrente *i* da distribuição. No caso de uma distribuição complicada de correntes, o método pode exigir o uso de um computador. Por outro lado, se a distribuição possui certos tipos de simetria, podemos usar a **lei de Ampère** para determinar diretamente o campo magnético total. A lei, que pode ser demonstrada a partir da lei de Biot-Savart, é expressa pela equação

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \mu_0 i_{env} \quad \text{Eq. 14 (Lei de Ampère)}$$

O círculo no sinal de integral indica que a integração do produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{S}$ deve ser realizada para uma curva *fechada*, conhecida como *amperiana*. A corrente i_{env} é a corrente *total* envolvida pela curva fechada.

Para compreender melhor o significado do produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{S}$ e sua integral, vamos aplicar a lei de Ampère à situação geral da Fig. 11.

Figura 11 Aplicação da lei de Ampère a uma amperiana arbitrária que envolve dois fios retilíneos longos, mas não um terceiro, pois apenas as correntes envolvidas pela amperiana aparecem na lei de Ampère. Observe o sentido das correntes.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

A figura 11 mostra a seção reta de três fios longos, perpendiculares ao plano do papel, percorridos por correntes i_1 , i_2 e i_3 . Uma amperiana arbitrária traçada no plano do papel envolve duas das correntes, mas não a terceira. O sentido anti-horário indicado na amperiana mostra o sentido arbitrariamente escolhido para realizar a integração da Eq. 14.

Para aplicar a lei de Ampère, dividimos mentalmente a amperiana em elementos de comprimento $d\vec{S}$, que são tangentes à curva e apontam no sentido de integração. Suponha que, no local do elemento $d\vec{S}$ que aparece na Fig. 11, o campo magnético total devido às correntes nos três fios seja \vec{B} . Como os fios são perpendiculares ao plano do papel, sabemos que os campos magnéticos em $d\vec{S}$, produzidos pelas três correntes estão no plano da Fig. 11; assim, o campo magnético total também deve estar nesse plano. Entretanto, não conhecemos a orientação de \vec{B} . Na Fig. 11, \vec{B} foi desenhado arbitrariamente fazendo um ângulo θ com a direção de $d\vec{S}$.

O produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{S}$ do lado esquerdo da Eq. 14 é igual a $B \cos \theta ds$. Isso significa que a lei de Ampère pode ser escrita na forma

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = \oint B \cos \theta ds = \mu_0 i_{env} \quad \text{Eq. 15}$$

De acordo com a Eq. 15, o produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{S}$ pode ser interpretado como o produto de um comprimento elementar ds da amperiana pela componente do campo magnético tangente à amperiana no ponto onde se encontra o comprimento elementar ds , $B \cos \theta$, e, portanto, a integral pode ser interpretada como a soma desses produtos para toda a amperiana.

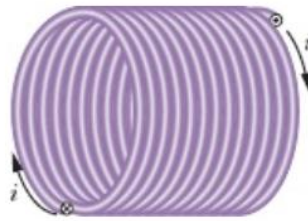
Agora precisamos conhecer o sentido das correntes. Para executar a integração da eq. 15, não precisamos conhecer o sentido de \vec{B} em todos os pontos da amperiana; supomos arbitrariamente que o sentido de \vec{B} coincide com o sentido de integração, como na Fig. 11, e usamos a seguinte regra da mão direita para atribuir um sinal positivo ou negativo às correntes que contribuem para a corrente total envolvida pela amperiana: apoie a palma da mão direita na amperiana, com os dedos apontando no sentido da integração; uma corrente no sentido do polegar estendido recebe sinal positivo; uma corrente no sentido oposto recebe sinal negativo.

Finalmente, resolvemos a Eq. 15 para obter o módulo de \vec{B} . Se B é positivo, isso significa que o sentido escolhido para \vec{B} está correto; se B é negativo, ignoramos o sinal e tomamos \vec{B} com o sentido oposto.

Campo magnético produzido pela corrente de um solenoide

Outra aplicação importante da lei de Ampère diz respeito ao cálculo do campo magnético produzido pela corrente em uma bobina helicoidal formada por espiras circulares muito próximas. Uma bobina desse tipo é chamada de **solenóide** (veja a Fig. 12). Vamos supor que o comprimento do solenoide é muito maior que o diâmetro.

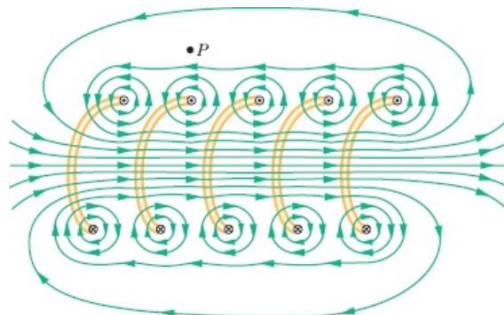
Figura 12 Um solenoide percorrido por uma corrente i .



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

A Fig. 13 mostra um trecho de um solenoide “esticado”. O campo magnético do solenoide é a soma vetorial dos campos produzidos pelas espiras. No caso de pontos próximos, o fio se comporta magneticamente quase como um fio retilíneo e as linhas de são quase círculos concêntricos. Como mostra a Fig. 13, o campo tende a se cancelar entre espiras vizinhas. A figura também mostra que, em pontos do interior do solenoide e razoavelmente afastados do fio, é aproximadamente paralelo ao eixo central. No caso limite de um *solenoide ideal*, que é infinitamente longo e formado por espiras muito juntas (*espiras cerradas*) de um fio de seção reta quadrada, o campo no interior do solenoide é uniforme e paralelo ao eixo central.

Figura 13 Seção reta de um trecho “esticado” de um solenoide. São mostradas apenas as partes traseiras de cinco espiras e as linhas de campo magnético associadas. As linhas de campo magnético são circulares nas proximidades das espiras. Perto do eixo do solenoide, as linhas de campo se combinam para produzir um campo magnético paralelo ao eixo. O fato de as linhas de campo apresentarem um pequeno espaçamento indica que o campo magnético nessa região é intenso. Do lado de fora do solenoide, as linhas de campo são bem espaçadas, e o campo é muito mais fraco.

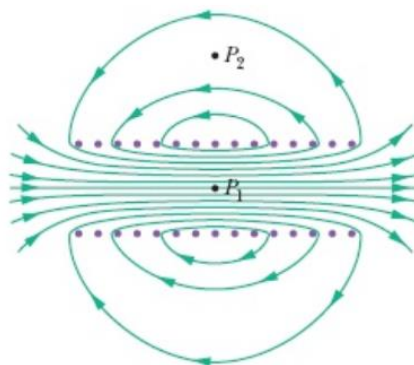


Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Em pontos acima do solenoide, como o ponto P da Fig. 13, o campo magnético criado pela parte superior das espiras do solenoide (representadas pelo símbolo \odot) aponta para a esquerda (como nas proximidades do ponto P) e tende a cancelar o campo criado em P pela parte inferior das espiras (representadas pelo símbolo \otimes), que aponta para a direita (e não está desenhado na figura). No caso limite de um solenoide ideal, o campo magnético do lado de fora do solenoide é zero. Tomar o campo externo como zero é uma excelente aproximação de um solenoide real se o comprimento do solenoide for muito maior que o diâmetro e se forem considerados apenas pontos como P , que não estão muito próximos das extremidades do solenoide. A orientação do campo magnético no interior do solenoide é dada pela regra da mão direita: Segurando o solenoide com a mão direita, com os dedos apontando no sentido da corrente, o polegar estendido mostra a orientação do campo magnético.

A Fig. 14 mostra as linhas de em um solenoide real. O espaçamento das linhas na região central mostra que o campo no interior do solenoide é intenso e uniforme em toda a região, enquanto o campo externo é muito mais fraco.

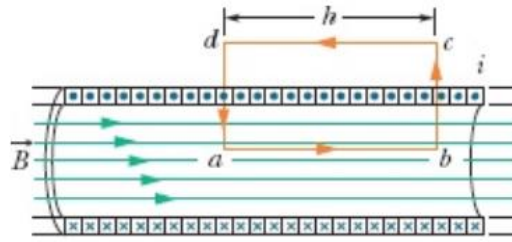
Figura 14 Linhas de campo magnético em um solenoide real. O campo é intenso e uniforme em pontos do interior do solenoide, como P_1 , e muito mais fraco em pontos do lado de fora do solenoide, como P_2 .



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Vamos agora aplicar a lei de Ampère (eq. 14), ao solenoide ideal da Fig. 15, em que \vec{B} é uniforme do lado de dentro do solenoide e zero do lado de fora, usando a amperiana retangular $abcda$.

Figura 15 Aplicação da lei de Ampère a um solenoide ideal percorrido por uma corrente i . A amperiana é o retângulo $abcd$.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Escrevemos $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ como a soma de quatro integrais, uma para cada segmento da amperiana:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int_a^b \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_b^c \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_c^d \vec{B} \cdot d\vec{s} + \int_d^a \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad \text{Eq. 16}$$

A primeira integral do lado direito da Eq. 29-22 é igual a Bh , em que B é o módulo do campo uniforme \vec{B} no interior do solenoide, e h é o comprimento (arbitrário) do segmento ab . A segunda e a quarta integrais são nulas porque, para os elementos ds desses segmentos, \vec{B} é perpendicular a ds ou é zero e, portanto, o produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{s}$ é zero. A terceira integral, que envolve um segmento do lado de fora do solenoide, também é nula porque $B = 0$ em todos os pontos do lado de fora do solenoide. Assim, o valor de $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s}$ para toda a amperiana é Bh .

A corrente total i_{env} envolvida pela amperiana retangular da Fig. 15 não é igual à corrente i nas espiras do solenoide porque as espiras passam mais de uma vez pela amperiana. Seja n o número de espiras por unidade de comprimento do solenoide; nesse caso, a amperiana envolve nh espiras e, portanto,

$$i_{\text{env}} = i(nh)$$

De acordo com a lei de Ampère temos

$$Bh = \mu_0 i n h \quad \text{ou} \quad B = \mu_0 i n \quad \text{Eq. 17}$$

Embora tenha sido demonstrada para um solenoide ideal, a Eq. 17 constitui uma boa aproximação para solenoides reais se for aplicada apenas a pontos internos e afastados das extremidades do solenoide. Essa equação está de acordo com as observações experimentais de que o módulo B do campo magnético no interior de um solenoide não depende do diâmetro nem do comprimento do solenoide e é uniforme ao longo da seção reta do solenoide. O uso de um solenoide é, portanto, uma forma prática de criar um campo magnético uniforme de valor conhecido para realizar experimentos.

Campo magnético produzido por uma corrente em uma bobina plana

Até o momento, examinamos os campos magnéticos produzidos por uma corrente em um fio retilíneo e em um solenoide. Vamos agora discutir o campo magnético produzido por uma corrente em uma bobina plana. Uma bobina plana se comporta como um dipolo magnético no sentido de que, na presença de um campo magnético \vec{B} experimenta um torque dado por

$$T = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad \text{Eq. 18}$$

em que $\vec{\mu}$, o momento dipolar magnético da bobina, tem um módulo dado por NiA , em que N é o número de espiras, i é a corrente e A é a área das espiras. (*Atenção:* Não confundir o momento magnético dipolar com a constante magnética μ_0). O sentido de $\vec{\mu}$ é dado pela regra da mão direita: segurando a bobina com a mão direita, com os dedos apontando no sentido da corrente, o polegar estendido mostra o sentido do momento dipolar magnético $\vec{\mu}$.

Mas qual é o campo magnético produzido pela bobina em um ponto do espaço? A simetria não é suficiente para que seja possível usar a lei de Ampère; assim, temos que recorrer à lei de Biot-Savart. Para simplificar o problema, vamos considerar uma bobina com uma única espira circular e calcular o campo apenas em pontos situados no eixo central, que tomaremos como o eixo z . Pode-se demonstrar, usando a lei de Bio-Savart, (omitiremos a demonstração pois esse não é nosso objetivo) que o módulo do campo magnético nesses pontos é dado por

$$B(z) = \frac{\mu_0 i R^2}{2\sqrt{(R^2 + z^2)^3}} \quad \text{Eq. 19}$$

em que R é o raio da espira e z é a distância entre o ponto considerado e o centro da espira. O sentido do campo magnético $\vec{\mu}$ é o mesmo do momento magnético da bobina.

No caso de pontos muito distantes da bobina, z é muito maior que R e a Eq. 19 se reduz a

$$B \approx \frac{\mu_0 i R^2}{2z^3} \quad \text{Eq. 20}$$

Lembrando que πR^2 é a área A da bobina e generalizando o resultado para uma bobina de N espiras, podemos escrever essa equação na forma

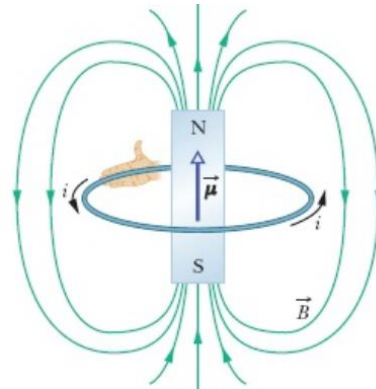
$$B(z) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{NiA}{z^3} \quad \text{Eq. 21}$$

Além disso, como $\vec{\mu}$ e \vec{B} são paralelos, podemos escrever a equação em forma vetorial, usando a identidade $\mu = NiA$:

$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\vec{\mu}}{z^3} \quad \text{Eq. 22}$$

Assim, podemos considerar que uma bobina plana percorrida por uma corrente se comporta como um dipolo magnético de duas formas diferentes: (1) a bobina experimenta um torque na presença de um campo magnético externo; (2) a bobina produz um campo magnético que é dado, para pontos distantes do eixo z , pela Eq. 22. A Fig. 16 mostra o campo magnético produzido por uma bobina percorrida por uma corrente;

Figura 16 Uma espira percorrida por uma corrente produz um campo magnético semelhante ao de um ímã em forma de barra, com um polo norte e um polo sul. O momento dipolar magnético da espira $\vec{\mu}$, cujo sentido é dado pela regra da mão direita, aponta do polo sul para o polo norte, ou seja, na mesma direção e sentido que o campo \vec{B} no interior da espira.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

Um lado da bobina se comporta como um polo norte (para onde aponta o momento magnético $\vec{\mu}$) e o outro lado como um polo sul, como sugere o desenho de um ímã em forma de barra na figura 16. Uma bobina percorrida por uma corrente, como um ímã em forma de barra, tende a se alinhar com um campo magnético aplicado.

Indução eletromagnética – lei de Faraday e lei de Lenz

Discutimos que uma corrente produz um campo magnético. Isso foi uma surpresa para os primeiros cientistas que observaram o fenômeno. Talvez ainda mais surpreendente tenha sido a descoberta do efeito oposto: um campo magnético pode gerar um campo elétrico capaz de produzir uma corrente. Essa ligação entre um campo magnético e o campo elétrico produzido (*induzido*) é hoje chamada de *lei de indução de Faraday*. As observações que levaram a essa lei, feitas por Michael Faraday e outros cientistas, eram a princípio apenas ciência básica. Hoje, porém, aplicações dessa ciência básica estão em toda parte. A indução é essencial, por exemplo, para a operação dos geradores que fornecem energia elétrica a nossas cidades e dos fornos de indução usados na indústria quando grandes quantidades de metal têm que ser fundidas rapidamente. Vamos dar início aos nossos estudos discutindo dois experimentos simples relacionados à lei de indução de Faraday.

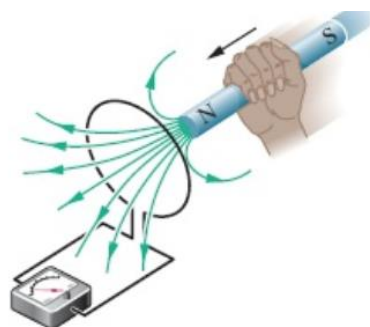
No primeiro experimento, ilustrado na figura 17, temos uma espira de material condutor ligada a um amperímetro. Como não existe bateria ou outra fonte de tensão

no circuito, não há corrente. Entretanto, quando aproximamos da espira um ímã em forma de barra, o amperímetro indica a passagem de uma corrente. A corrente desaparece quando o ímã para. Quando afastamos o ímã da espira, a corrente torna a aparecer, no sentido contrário. Repetindo o experimento algumas vezes, chegamos às seguintes conclusões:

- ✓ A corrente é observada apenas se existe um movimento relativo entre a espira e o ímã; a corrente desaparece no momento em que o movimento relativo deixa de existir.
- ✓ Quanto mais rápido o movimento, maior a corrente.
- ✓ Se, quando aproximamos da espira o polo norte do ímã, a corrente tem o sentido horário, quando afastamos o polo norte do ímã, a corrente tem o sentido anti-horário. Nesse caso, quando aproximamos da espira o polo sul do ímã, a corrente tem o sentido anti-horário, e quando afastamos da espira o polo sul do ímã, a corrente tem o sentido horário.

A corrente produzida na espira é chamada de **corrente induzida**; o trabalho realizado por unidade de carga para produzir a corrente (ou seja, para colocar em movimento os elétrons de condução responsáveis pela corrente) é chamado de **força eletromotriz induzida**; o processo de produzir a corrente e a força eletromotriz recebe o nome de **indução**.

Figura 17 Um amperímetro revela a existência de uma corrente na espira quando o ímã está em movimento em relação à espira.

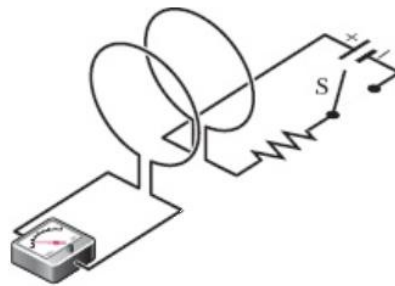


Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

No segundo experimento, cujo arranjo aparece na Fig. 18, temos duas espiras condutoras próximas uma da outra, mas sem se tocarem. Quando a chave S é fechada, fazendo passar uma corrente na espira da direita, o amperímetro registra,

por um breve instante, uma corrente na espira da esquerda. Quando a chave é aberta, o instrumento também registra uma corrente, no sentido oposto. Observamos uma corrente induzida (e, portanto, uma força eletromotriz induzida) quando a corrente na espira da direita está variando (aumentando ou diminuindo), mas não quando é constante (com a chave permanentemente aberta ou permanentemente fechada).

Figura 18 Um amperímetro revela a existência de uma corrente no circuito da esquerda quando a chave S é fechada (fazendo circular uma corrente no circuito da direita) ou quando a chave S é aberta (fazendo com que a corrente no circuito da direita seja interrompida), mesmo que a posição relativa das espiras não mude durante o processo.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

A força eletromotriz induzida e a corrente induzida nesses experimentos são aparentemente causadas pela variação de alguma coisa, mas qual é essa “coisa”? Faraday encontrou a resposta.

A lei de indução de Faraday

Faraday descobriu que uma força eletromotriz e uma corrente podem ser induzidas em uma espira, como em nossos dois experimentos, fazendo variar a *quantidade de campo magnético* que atravessa a espira. Faraday percebeu ainda que a “quantidade de campo magnético” pode ser visualizada em termos das linhas de campo magnético que atravessam a espira. A **lei de indução de Faraday**, quando aplicada a nossos experimentos, diz o seguinte:

Uma força eletromotriz é induzida na espira da Fig. 17 ou na espira da esquerda da Fig. 18 quando varia o número de linhas de campo magnético que atravessam a espira.

O número de linhas de campo que atravessam a espira não importa; os valores da força eletromotriz e da corrente induzida são determinados pela *taxa de variação* desse número.

No primeiro experimento (Fig. 17), as linhas de campo magnético se espalham a partir do polo norte do ímã. Assim, quando aproximamos o polo norte do ímã da espira, o número de linhas de campo que atravessam a espira aumenta. Esse aumento aparentemente faz com que os elétrons de condução se movam (ou seja, produz uma corrente induzida) e fornece a energia necessária para esse movimento (ou seja, produz uma força eletromotriz induzida). Quando o ímã para de se mover, o número de linhas de campo que atravessam a espira deixa de variar e a corrente induzida e a força eletromotriz induzida desaparecem.

No segundo experimento (Fig. 18), quando a chave está aberta (a corrente é zero), não existem linhas de campo. Quando a chave é fechada, passa a existir uma corrente na bobina da direita. A corrente produz um campo magnético nas vizinhanças da espira da direita que também passa pela espira da esquerda. Enquanto a corrente está aumentando, o campo também está aumentando e o número de linhas de campo que atravessam a espira da esquerda aumenta. Como no primeiro experimento, é esse aumento do número de linhas de campo que aparentemente induz uma corrente e uma força eletromotriz na espira da esquerda. Quando a corrente na espira da direita atinge o valor final, constante, o número de linhas de campo que atravessam a espira da esquerda deixa de variar e a corrente induzida e a força eletromotriz induzida desaparecem.

Para aplicar a lei de Faraday a problemas específicos, precisamos saber calcular a *quantidade de campo magnético* que atravessa uma espira. Para isso vamos agora definir uma grandeza chamada *fluxo magnético*. Suponha que uma espira que envolve uma área A seja submetida a um campo magnético. Nesse caso, o **fluxo magnético** que atravessa a espira é dado por

$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad \text{Eq. 22}$$

em que $d\vec{A}$ é um vetor de módulo dA perpendicular a um elemento de área dA . Estamos interessados na componente do campo que *atravessa* a superfície, ou seja,

na componente do campo perpendicular à superfície. O produto escalar do campo pelo vetor área assegura automaticamente que apenas essa componente seja levada em conta na integração. Como um caso especial da Eq. 22, suponha que a espira seja plana e que o campo magnético seja perpendicular ao plano da espira. Nesse caso, podemos escrever o produto escalar da Eq. 22 como $B \, dA \cos 0^\circ = B \, dA$. Se, além disso, o campo magnético for uniforme, podemos colocar B do lado de fora do sinal de integral. Nesse caso, a integral se reduz a $\int dA$, que é simplesmente a área da espira. Assim, a Eq. 22 se torna

$$\phi_B = BA \quad \text{Eq. 23}$$

De acordo com a Eq. 23, a unidade de fluxo magnético do SI é o tesla-metro quadrado, que recebe o nome de *weber* (Wb).

Usando a definição de fluxo magnético, podemos enunciar a lei de Faraday de um modo mais rigoroso:

O módulo da força eletromotriz induzida em uma espira condutora é igual à taxa de variação, com o tempo, do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira.

Como vamos ver mais adiante, a força eletromotriz induzida \mathcal{E} se opõe à variação do fluxo, de modo que, matematicamente, a lei de Faraday pode ser escrita na forma

$$\mathcal{E} = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad \text{Eq. 24 (lei de Faraday)}$$

em que o sinal negativo indica a oposição a que nos referimos. Esse sinal é frequentemente omitido, já que, em muitos casos, estamos interessados apenas no valor absoluto da força eletromotriz induzida.

Se o fluxo magnético através de uma bobina de N espiras sofre uma variação, uma força eletromotriz é induzida em cada espira e a força eletromotriz total é a soma

dessas forças eletromotrizes. Se as espiras da bobina estão muito próximas (ou seja, se temos um *enrolamento compacto*), o mesmo fluxo magnético Φ_B atravessa todas as espiras, e a força eletromotriz total induzida na bobina é dada por

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{Eq. 25}$$

Existem três formas de mudar o fluxo magnético que atravessa uma bobina:

- ✓ Mudar o módulo B do campo magnético.
- ✓ Mudar a área total da bobina ou a parte da área atravessada pelo campo magnético (aumentando ou diminuindo o tamanho da bobina no primeiro caso e colocando uma parte maior ou menor da bobina na região onde existe o campo no segundo).
- ✓ Mudar o ângulo entre a direção do campo magnético e o plano da bobina (fazendo girar a bobina, por exemplo).

A lei de Lenz

Pouco depois de Faraday descobrir a lei de indução, Heinrich Friedrich Lenz propôs uma regra, hoje conhecida como **lei de Lenz**, para determinar o sentido da corrente induzida em uma espira:

A corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido pela corrente se opõe ao campo magnético que induz a corrente.

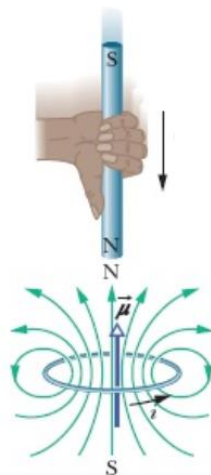
A força eletromotriz induzida tem um sentido compatível com o sentido da corrente induzida. A ideia central da lei de Lenz é a de “oposição”. Para termos uma ideia melhor de como essa ideia funciona, vamos aplicá-la de dois modos diferentes, mas equivalentes, à situação da Fig. 19, na qual o polo norte de um ímã está se aproximando de uma espira condutora.

- ✓ *Oposição ao Movimento de um Polo.* A aproximação do polo norte do ímã da Fig. 19 aumenta o fluxo magnético que atravessa a espira e, portanto, induz uma corrente na espira. De acordo com a Fig. 16, ao ser percorrida por uma

corrente, a espira passa a se comportar como um dipolo magnético, com um polo sul e um polo norte; o momento magnético $\vec{\mu}$ associado a esse dipolo aponta do polo sul para o polo norte. Para se *opor* ao aumento de fluxo causado pela aproximação do ímã, o polo norte da espira (e, portanto, o vetor $\vec{\mu}$) deve estar voltado para o polo norte do ímã, de modo a repeli-lo (Fig. 19). Neste caso, de acordo com a regra da mão direita (veja a Fig. 16), a corrente induzida na espira deve ter o sentido anti-horário quando vista do lado do ímã na Fig. 19.

Quando afastamos o ímã da espira, uma nova corrente é induzida na espira. Agora, o polo sul da espira deve estar voltado para o polo norte do ímã de modo a atraí-lo e assim se opor ao afastamento. Assim, a corrente induzida na espira tem o sentido horário quando vista do lado do ímã.

Figura 19 Aplicação da lei de Lenz. Quando o ímã se aproxima da espira, uma corrente é induzida na espira. A corrente produz um outro campo magnético, cujo momento dipolar magnético está orientado de tal forma que se opõe ao movimento do ímã. Assim, a corrente induzida tem o sentido anti-horário, como mostra a figura.



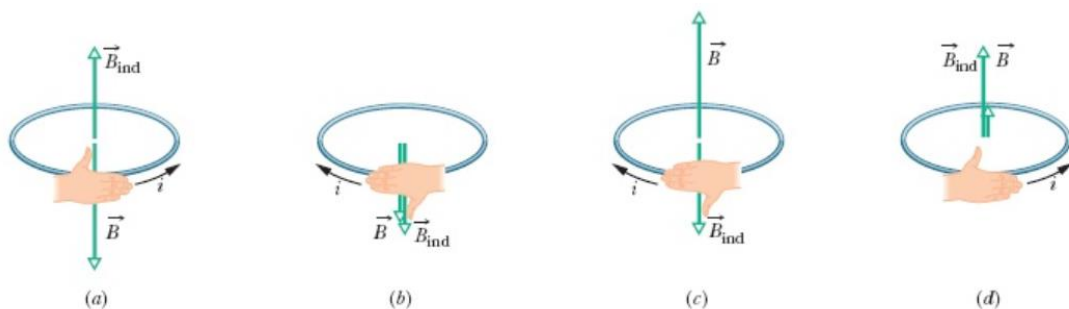
Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

- ✓ **Oposição à Variação de Fluxo.** Na Fig. 19, com o ímã inicialmente distante, o fluxo magnético que atravessa a espira é zero. Quando o polo norte do ímã se aproxima da espira com o campo magnético \vec{B} apontando *para baixo*, o fluxo através da espira aumenta. Para se opor a esse aumento de fluxo, a

corrente induzida i deve criar um campo \vec{B}_{ind} apontando *para cima*, como na Fig. 20 (a); nesse caso, o fluxo para cima de \vec{B}_{ind} se opõe ao aumento do fluxo para baixo causado pela aproximação do ímã e o consequente aumento de \vec{B} . De acordo com a regra da mão direita da Fig. 16, o sentido de i nesse caso deve ser o sentido anti-horário da Fig. 20 (a). É preciso estar atento ao fato de que apesar do fluxo de \vec{B}_{ind} estar sempre se opondo à *variação* do fluxo de \vec{B} , isso não significa que \vec{B} e \vec{B}_{ind} tenham sempre sentidos opostos. Assim, por exemplo, quando afastamos o ímã da espira da Fig. 19, o fluxo Φ_B produzido pelo ímã tem o mesmo sentido que antes (para baixo), mas agora está diminuindo. Nesse caso, como mostra a Fig. 20 (b), o fluxo de \vec{B}_{ind} também deve ser para baixo, de modo a se opor à *diminuição* do fluxo Φ_B . Nesse caso, portanto, \vec{B}_{ind} e \vec{B} têm o mesmo sentido.

As Figs. 20 (c) e 20 (d) mostram as situações em que o polo sul do ímã se aproxima e se afasta da espira, mais uma vez se opondo à variação do fluxo.

Figura 20 O sentido da corrente i induzida em uma espira é tal que o campo magnético \vec{B}_{ind} produzido pela corrente se opõe à *variação* do campo magnético \vec{B} que induziu a corrente. O campo \vec{B}_{ind} sempre tem o sentido oposto ao sentido de \vec{B} , se \vec{B} está aumentando (a, c), e o mesmo sentido que \vec{B} , se \vec{B} está diminuindo (b, d). A regra da mão direita fornece o sentido da corrente induzida a partir do sentido do campo induzido.



Fonte: Halliday, D; Resnick, R; walker, J. Fundamentos de Física, volume 3

METODOLOGIA

A metodologia utilizada na realização desse trabalho é de natureza qualitativa intervencionista, a partir da realização de uma pesquisa bibliográfica sobre o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI) e o uso da História da Ciência no Ensino de Física (HCEF), e foi dividida em três etapas, a saber:

- ✓ Construção de uma SD de acordo com os critérios sugeridos pela literatura especializada (Guimarães e Giordan, 2013, Méheut 2010, apud Bortolai 2015; Carvalho, 2013).
- ✓ Validação da Sequência Didática através do instrumento de validação por pares de Guimarães e Giordan (2013).
- ✓ Análise do processo de aplicação da SD em sala de aula.

A etapa de revisão bibliográfica possibilitou a construção de um referencial teórico sobre o Ensino por Investigação e a inserção da História da Ciência no Ensino de Física. O objetivo dessa etapa foi dar suporte e fundamentação teórica ao estudo em questão utilizando a visão de vários pesquisadores. Assim, a partir do que vem sendo produzido pela comunidade científica, foi possível elencar os principais conceitos e mostrar a relação entre eles.

A segunda etapa constou de um delineamento das condições em que se deu a produção dos dados da pesquisa: seu público alvo, duração, local, instrumentos utilizados na coleta de dados e recursos empregados na intervenção pedagógica. Esta etapa abrangeu a construção da SD, aplicada em três turmas do 2º ano do Ensino Médio (cada uma com 35 alunos) de uma escola particular de Vila Velha, no estado do Espírito Santo, que trabalha com material apostilado e cuja grade curricular reserva quatro aulas semanais para a disciplina de Física, cada uma com 50 minutos de duração. O material didático dessas turmas é composto por 10 apostilas divididas em 90 módulos de ensino e 15 são reservados ao estudo do Eletromagnetismo, tema da SD proposta. Independentemente do tempo gasto em cada módulo, a orientação da escola é que todo o conteúdo seja ministrado até o término do ano letivo. A SD elaborada procurou cobrir esses 15 módulos de ensino em sete encontros de 100 minutos de duração, que aconteceram entre os dias 29 de outubro e 22 de novembro de 2018.

Durante a elaboração das atividades da SD fatores como ausência de laboratório, o pouco tempo disponível para a realização das intervenções e a proximidade do

término do ano letivo foram levados em consideração. Estratégias advindas do Ensino por Investigação me pareceram apropriadas e, concomitante com a proposta de inserção da HC no ensino de Física, procurei incluir atividades acessíveis como a realização de experimentos históricos, leitura e discussão de textos, simulações computacionais, exibição de vídeos, tudo para que os alunos fossem motivados a observar, discutir, refletir, planejar, investigar, interagir, construir questões, elaborar hipóteses, analisar evidências e tirar conclusões; atividades que os envolvessem diretamente com a própria aprendizagem e os fizessem se sentir mais próximos do mundo real. O quadro 1 apresenta de forma sumária alguns elementos estruturantes da SD proposta.

Quadro 01: Distribuição dos conteúdos, problematização e dinâmicas por aula

Aula/Duração	Conteúdo	Problematização	Dinâmicas
01/100min	Introdução ao estudo do Eletromagnetismo	Em que situações do cotidiano você percebe a presença do Eletromagnetismo?	Exibição do documentário “Entendendo o Eletromagnetismo” do Discovery Channel e posterior discussão sobre o vídeo.
02/100min	O campo magnético e suas manifestações	Como o magnetismo se manifesta em nosso dia a dia?	Atividades em grupos, realização de experimentos, utilização de uma simulação computacional, exibição de um vídeo e leitura e discussão de um texto dissertativo.
03/100min	Campo Magnético: uma breve história do magnetismo.	De que forma o desenvolvimento do magnetismo contribuiu para o progresso da humanidade?	SarauLiterário (Leitura em conjunto de fragmentos de textos retirados de livros e trabalhos científicos).

04/100min	O eletromagnetismo: corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético.	Um turista chegou em uma grande cidade e alugou um carro para chegar ao seu hotel que ficava na região norte da cidade. Utilizou uma bússola (sem nenhum defeito) para se orientar e, para sua surpresa, não conseguiu chegar ao seu destino. Como explicar esse fato?	Atividades em grupos, construção de um eletroímã e utilização de uma simulação computacional que mostra os efeitos da corrente elétrica sobre uma bússola.
05/100min	Eletromagnetismo: o experimento de Oersted	Quando uma bússola é colocada paralelamente a um fio percorrido por corrente elétrica percebe-se uma mudança significativa em sua direção. O mesmo não acontece se a bússola for colocada perpendicularmente ao fio. Como explicar essa diferença de comportamento da bússola?	Atividades em grupos, reprodução do experimento histórico de Oersted e leitura e discussão de um texto histórico.
06/100min	Eletromagnetismo: a indução eletromagnética	Como gerar eletricidade a partir do magnetismo?	Exibição de dois vídeos pelo professor, simulação computacional feita pelos alunos e leitura e discussão de um texto informativo.
		Na transmissão de energia elétrica das usinas para os grandes centros	

07/100min	Indução eletromagnética: um pouco de história	consumidores a corrente contínua se mostrou mais eficaz. Você concorda com essa afirmativa? Justifique sua resposta.	Exibição do documentário “Batalha de Genius – Edson x Tesla” com posterior discussão reflexiva.
-----------	---	--	---

Fonte: Quadro elaborado pelo pesquisador

Para relatar o processo de aplicação da SD em sala de aula utilizei diários de bordo que confeccionei durante a aplicação da SD. Nesse momento eu procurava respostas para questionamentos que me fiz durante a elaboração da SD, questionamentos esses relacionados à validade da sua estrutura, ao potencial mobilizador das atividades sugeridas, a adequação do tempo e a sua pertinência em relação aos objetivos e conteúdos propostos. Respondi minhas indagações mantendo um olhar atento sobre tudo que acontecia e permanecendo alerta durante todo o processo da intervenção pedagógica. Anotei quaisquer coisas que me pudessem ser úteis na análise de meus resultados. Assim, registrei fatos, comentários, reflexões, descobertas e indagações que achei pertinentes e que pudessem ser úteis em uma análise a posteriori. As anotações feitas nos diários de bordo aparecem no capítulo referente à análise dos resultados e referem-se às três turmas onde apliquei a SD. Optei por não as apresentar separadamente, preferindo reuni-las em um único grupo, discriminando apenas situações especiais com o objetivo de que a leitura não ficasse demasiadamente longa. Nos comentários e questionamentos dos alunos omiti as aspas porque na pressa em anotá-los posso não ter reproduzido exatamente suas falas.

Na etapa da avaliação da SD através da validação por pares (Guimarães e Giordan, 2013) busquei a confirmação de que a intervenção pedagógica proposta possuía a performance que sua aplicação requeria e a garantia de confiabilidade de seus resultados. Para tanto elaborei um questionário no google forms intitulado “Uma abordagem qualitativa e histórico-investigativa sobre o Eletromagnetismo” contendo 25 questões, sendo 24 de múltipla escolha com três opções de respostas, “sim”, “em parte” e “não”. Nas perguntas procurei contemplar cinco dimensões de análise: Estrutura e Organização, Problematização, Conteúdos e Conceitos, Metodologia de Ensino e Avaliação. De acordo com Guimarães e Giordan (2013) pode-se escrever:

A categoria Estrutura e Organização tem como função avaliar aspectos de apresentação da SD. Originalidade, clareza, executabilidade, adequação do tempo às atividades, articulação com os temas da disciplina, adequação da bibliografia, dentre outros.

A Problematização é a categoria de maior relevância. Constitui o foco em torno do qual os elementos que compõe a SD se articulam e deve promover a apropriação de conhecimentos. Nessa dimensão devem ser observados a abrangência e o foco do problema, a coerência, sua contextualização, sua perspectiva social e científica e a sua articulação com os conceitos discutidos.

A dimensão Conteúdos e Conceitos diz respeito a tudo aquilo que se deve aprender para que se alcancem os objetivos educacionais propostos. Objetivos e conteúdos, conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais, organização e encadeamento de conteúdos, devem ser observados nessa categoria. As Metodologias de Ensino e Avaliação utilizadas no desenvolvimento de uma SD têm caráter primordial. É através delas e de seu desenvolvimento que as situações de aprendizagem se estabelecem e os agentes do processo ensino e aprendizagem (aluno, professor e conhecimento) se inter-relacionam. Avalia-se aqui os aspectos metodológicos, a organização das atividades e sua contextualização, os métodos e o feedback de avaliação.

Os sujeitos da pesquisa foram 27 professores do Ensino Médio, porém, apenas 15 atenderam meu convite e responderam o questionário enviado. As perguntas enviadas aos professores para a etapa de validação da SD foram as seguintes:

- 1) Em relação à estrutura e organização da SD você a considera original?
- 2) A SD vincula os conteúdos tratados de modo interessante?
- 3) A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um agente motivador para o aprendizado do Eletromagnetismo?
- 4) A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um fator relevante para a compreensão dos conceitos físicos discutidos na SD?
- 5) A SD é autoexplicativa e não houve dificuldades para entendê-la?
- 6) As atividades propostas mostram-se pertinentes com os objetivos da SD?

- 7) A SD apresenta atividades de fácil acessibilidade e executabilidade?
- 8) Os problemas propostos são abrangentes a ponto de suscitar uma discussão interessante?
- 9) Em uma perspectiva social, cultural e científica a problematização se mostra relevante?
- 10) Quanto à articulação entre conceitos e problematização o problema remete ao conceito físico trabalhado?
- 11) Quanto à contextualização do problema ele é plausível e se enquadra em situações concretas da vida cotidiana?
- 12) A problematização é demasiadamente fácil a ponto de ser desinteressante ou demasiadamente difícil, a ponto de desmotivar os alunos?
- 13) A SD deixa bem claros quais são os objetivos a serem alcançados e os conteúdos a serem trabalhados?
- 14) As atividades propostas asseguram a possibilidade de os alunos compreenderem satisfatoriamente os conteúdos e conceitos envolvidos na SD?
- 15) A SD possibilita que os alunos estabeleçam relações entre os conceitos científicos trabalhados e situações cotidianas a que sejam aplicáveis?
- 16) Os conteúdos abordados são apresentados de forma articulada, lógica e gradativa?
- 17) É possível que ao final da aplicação da SD os alunos percebam a articulação entre o seu tema, os fenômenos discutidos na problematização e os conceitos físicos envolvidos?
- 18) Quanto aos aspectos metodológicos a SD enquadra-se numa metodologia coerente com os objetivos da docência de Física no Ensino Médio?
- 19) A apresentação da SD permite a correlação com os demais conteúdos da disciplina e com problemas concretos, de relevância social?

- 20) Os métodos e instrumentos de avaliação possibilitam uma visão integradora acerca dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais desenvolvidos pelos alunos?
- 21) Os instrumentos de avaliação são adequados e suficientes para verificar se os objetivos de ensino foram alcançados?
- 22) Você acha importante a introdução de uma avaliação meramente quantitativa ao término de cada aula dessa SD?
- 23) A SD não prevê claramente uma etapa avaliativa em que se dê retorno aos alunos acerca de seus desempenhos nas atividades, com vistas a novas intervenções pedagógicas. Você considera necessária uma adequação no tempo ou nas atividades propostas para que essa etapa se faça presente na SD?
- 24) Você aplicaria essa SD em sua escola?
- 25) Faça suas considerações a respeito da SD que lhe foi enviada. Seus comentários certamente serão importantes para o aprimoramento desse trabalho.

As respostas que me foram fornecidas aparecem, em sua íntegra, no anexo 1.

No próximo capítulo apresento, de forma sucinta, uma análise do processo de validação da SD os resultados obtidos durante o desenvolvimento de cada aula proposta, bem como a análise dos dados produzidos a partir dessas intervenções.

ANÁLISE DE RESULTADOS

A intervenção pedagógica proposta nessa SD ocorreu de forma bem diferente da usual, onde o professor explica a teoria, resolve alguns exemplos e em seguida indica alguns exercícios de fixação para serem feitos pelos estudantes. Como já evidenciado anteriormente essa SD procurou colocar o aluno como protagonista do seu aprendizado e, nesse contexto, a minha interferência foi a menor possível, embora não menos importante. O meu papel de professor mediador, bem como a participação ativa dos alunos foi, durante todo o tempo, condição básica para o andamento das atividades.

Ao aluno coube, em todos os encontros:

- ✓ Responder à questão problematizadora antes e depois do início das atividades.
- ✓ Executar as atividades propostas.
- ✓ Participar efetivamente das discussões compartilhando suas ideias sobre os trabalhos realizados.
- ✓ Responder em casa os exercícios de fixação.

A mim, como professor, coube, em todas as aulas:

- ✓ Organizar a sala (atividades em grupos foram sempre de 7 componentes distribuídos em 5 grupos).
- ✓ Elencar os objetivos da aula (sempre utilizei o quadro).
- ✓ Expor a problematização (também utilizei a lousa) e aguardar para que seja respondida pelos alunos.
- ✓ Recolher a primeira versão da resposta da questão problematizadora.
- ✓ Auxiliar na realização das atividades propostas.
- ✓ Atuar como intermediador nas discussões pós-atividades direcionando-as ao encontro dos objetivos da aula e promovendo o seu fechamento.
- ✓ Recolher a versão final da resposta da questão problematizadora.
- ✓ Confeccionar um diário de bordo.

Naturalmente procurei me manter alerta durante todo o processo e anotei tudo que considerei relevante. Para isso lancei mão, a cada aula, de um diário de bordo onde procurei registrar detalhadamente todos os fatos, passos, descobertas, indagações e quaisquer outros detalhes inesperados.

Nesse capítulo procuro mostrar os resultados obtidos na aplicação e na validação da Sequência Didática. Concomitante à apresentação desses resultados procuro discutí-los.

Da aplicação da Sequência Didática

As análises dos resultados dessa intervenção pedagógica baseiam-se predominantemente nos relatos do diário de bordo produzido durante a intervenção e na análise das respostas fornecidas pelos professores ao questionário que lhes foi enviado.

Aula 1

A primeira aula teve como objetivo colocar o aluno em contato com o conceito de Eletromagnetismo.

Era 2ª feira, dia 29 de outubro de 2018 e dos 35 alunos da turma 2M1 apenas 27 estavam presentes. Iniciei as aulas comunicando que a partir daquele momento nossos encontros seriam diferentes. Expliquei minha proposta e imediatamente surgiram as primeiras observações.

- ✓ Agora que o ano está acabando, professor?
- ✓ Se tivesse feito isso antes eu não ficaria de recuperação.
- ✓ Essas aulas diferentes não vão prejudicar quem vai fazer o ENEM?
- ✓ Acho que vou começar a gostar de Física.
- ✓ Estudar Física sem fórmulas vai perder a graça.

Após essas primeiras colocações, que duraram cerca de 20 minutos, dei início à exibição do documentário Entenda o seu mundo, volume 12 – Entendendo o Magnetismo, do Discovery Channel, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=0k-9cXG5_iU, cuja duração é de 50 min e 18seg. Antes da exibição do vídeo deixei claro o objetivo da aula, anotei no quadro o problema sugerido na problematização e aguardei alguns minutos para que todos respondessem e me entregassem a resposta do problema proposto. É importante salientar que essa mesma atividade foi feita novamente ao final da aula, servindo como exercício de autoavaliação para os alunos que, comparando suas respostas, puderam verificar se houve aquisição de novos conhecimentos após a intervenção pedagógica. Essas informações também me foram úteis, pois me deram condições

de fornecer um feedback da atividade proposta no encontro seguinte. Após a exibição do vídeo iniciaram-se as discussões, ferramentas essas indispensáveis para a consolidação dos saberes adquiridos. Assumi então a postura de mediador e procurei direcionar as discussões ao encontro dos objetivos da aula.

Todos assistiram ao vídeo atentamente e, embora ninguém tenha pedido para sair, percebi nos últimos 20 minutos de projeção uma certa inquietação. Imediatamente pensei que uma edição do vídeo pudesse minimizar esse contratempo. Na última meia hora de aula, que se mostrou bastante dinâmica, os alunos expuseram opiniões e fizeram indagações sobre o Eletromagnetismo. Abaixo elenco alguns comentários que achei pertinentes, sem a identificação dos alunos, não só para preservar-lhes o anonimato, mas também porque a identificação não seria relevante, já que a intenção era mesmo expor de forma genérica o imaginário coletivo e as impressões dos alunos participantes da atividade.

- ✓ No início pensei que fosse um filme de terror.
- ✓ Nunca imaginei que por trás de um ímã existisse tantas coisas.
- ✓ Plasma é o quarto estado da matéria professor?
- ✓ Quer dizer que as bactérias são ímãs vivos?
- ✓ Já assisti a um filme onde um grande temporal fez um navio pirata se perder.
- ✓ Professor, é verdade que existe magnetita no cérebro?
- ✓ O que aconteceria se houvesse uma inversão magnética hoje?
- ✓ Os trens balas são do tipo maglev?
- ✓ Como funciona a ressonância magnética?
- ✓ Pelo que pude ver praticamente tudo que nos rodeia está relacionado ao Eletromagnetismo.
- ✓ Entendi que o magnetismo terrestre é responsável por desviar partículas provenientes do sol para os polos da Terra. Mas como aparecem as cores das auroras polares?
- ✓ O Eletromagnetismo ajuda a Geografia (placas tectônicas), a Biologia (movimentos migratórios), a medicina (ressonância magnética) e até o cinema.
- ✓ O Eletromagnetismo vai revolucionar os meios de transporte.
- ✓ Engraçado que uma lenda virou ciência né professor! O que foi usado como técnica de adivinhação hoje serve para descobrir doenças.

Procurei direcionar esse momento de forma que todos se conscientizassem da importância do Eletromagnetismo. A troca de informações a partir das colocações dos

alunos foi altamente participativa e proveitosa. Procurei não responder nada diretamente; sempre que possível buscava condições para que eles pudessem refletir e tirar suas próprias conclusões. Alguns alunos estranharam a minha postura, pois esperavam respostas diretas para seus questionamentos. Tentei convencê-los de que quando participamos ativamente da construção do nosso conhecimento é mais fácil consolidá-lo. E que essa era a nossa nova proposta. Procurei direcionar esse momento de forma que todos se conscientizassem da importância do Eletromagnetismo.

Concluimos que a vida na Terra seria inviável não fosse o magnetismo terrestre e que o Eletromagnetismo é a base de toda tecnologia do mundo moderno e está presente em grande parte dos aparelhos eletrônicos que usamos diariamente, de telefones celulares e fornos de micro-ondas a precisos diagnósticos na área da medicina.

No que diz respeito à duração da aula conclui que preciso fazer algumas adaptações pois quando o sinal bateu a discussão corria solta e todos participavam animadamente do processo. Recolhi a atividade que fizeram no início da aula (resposta à problematização) e pedi que a respondessem novamente em casa e me entregassem na aula seguinte. Mesmo com os contratempos mencionados percebi uma integração altamente positiva entre todos nós e um envolvimento diferente do que tínhamos alcançado até então.

Acho pertinente comentar duas situações que não estavam em meu planejamento. Na terça feira, 30 de outubro, dia programado para a aplicação da primeira aula da SD nas turmas do 2ºM2 e do 2ºM3, o número de faltas foi muito grande (dos 70 alunos das duas salas apenas 41 estavam na escola) e um professor estava ausente. Com a minha anuência a coordenação juntou as duas turmas, a aula foi ministrada uma única vez e tudo ocorreu como esperado, sem quaisquer intercorrências, apesar das discussões não terem sido tão produtivas como as da primeira aula no 2ºM1.

A segunda situação que merece ser compartilhada diz respeito à duração do documentário. Como o tempo previsto para a primeira aula não foi suficiente para sua conclusão resolvi terminar o vídeo aos 39 min e 40seg de exibição e ganhar 10 min durante os comentários; esse pequeno ajuste me permitiu finalizá-la como havia planejado. As discussões foram encerradas a tempo e os alunos puderam responder novamente a atividade proposta no início da aula. Quando o sinal tocou todos os exercícios já haviam sido entregues.

A participação e o interesse nas discussões mostraram o potencial motivador dessa intervenção. Comparando as respostas que foram dadas antes e depois da aula para o exercício proposto, vi que muitas informações haviam sido assimiladas. Constatei com prazer que todos os alunos incorporaram algo de novo ao responder o exercício pela segunda vez. Fiquei muito satisfeito com os resultados desse primeiro momento de aplicação da SD e cheguei à conclusão de que meu objetivo principal, a saber, introduzir os alunos no mundo do Eletromagnetismo, foi alcançado com sucesso.

Aula 2

Iniciei o segundo encontro dessa SD elencando os objetivos da aula e dividindo a turma em cinco grupos de sete componentes. Antes de iniciar as atividades planejadas lancei a problematização e aguardei que respondessem e me entregassem.

Antes de apresentar os objetivos da aula 2 e a sua problematização devolvi os exercícios do encontro anterior, teci breves comentários e não pude deixar de parabenizá-los pelo crescimento que tiveram. Sugeri que lessem o que escreveram antes da aula e confrontassem com o que foi respondido ao término da aula para que eles próprios avaliassem seus desempenhos. Esse encontro aconteceu no dia primeiro de novembro, uma quinta feira, com as três turmas.

Após elencar os objetivos da aula, apresentar a problematização e recolher as respostas de cada aluno dividi a turma em 5 grupos e indiquei o que cada um deveria fazer (Apêndice B). No 2ºM1 formei três grupos com sete componentes e dois grupos com seis; no 2ºM2 três grupos com seis alunos e dois grupos com sete e no 2º M3 cinco grupos com seis integrantes.

O grupo 1 recebeu um kit contendo dois ímãs, um alicate, um cartão de crédito, um copo de alumínio, um clipe de aço, uma moeda de 50 centavos, uma régua de plástico e um fio de cobre desencapado; pedi que testassem as interações existentes entre os dois ímãs e entre um ímã e os materiais presentes no kit; O desafio do grupo foi explicar o porquê das interações magnéticas. Indiquei uma leitura sobre materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos para complementar a discussão.

O grupo 2 recebeu um segundo kit contendo uma chave de fenda e uma caixa de som. O grupo foi impelido a desmontar a caixa de som para descobrir o que tinha em seu interior. O desafio da equipe foi explicar a presença de um ímã em forma de anel

no alto-falante do equipamento. Pedi que pesquisassem outros equipamentos que apresentassem ímãs em seu interior.

O grupo 3 ficou encarregado de estudar o comportamento de uma bússola; pedi que acessassem o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/search?q=campo+magnetico e brincassem com a simulação *ímã e bússola*. Solicitei que anotassem suas observações e discutissem o comportamento da bússola na presença do campo magnético terrestre. Pedi também que caracterizassem as causas desse magnetismo e a sua importância para a manutenção da vida no planeta.

Ao grupo 4 coube o acesso a um site que trata do fenômeno das auroras polares, no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=czMh3BnHFHQ>. A discussão girou em torno do reconhecimento do campo magnético terrestre como agente responsável por esses fenômenos naturais que ocorrem nas regiões polares da Terra e como esse espetáculo único de luzes e cores se forma.

O grupo 5 ficou responsável pela leitura do texto intitulado “A bússola e as grandes navegações” (Apêndice B) que conta um pouco da história da bússola e de sua importância para o implemento do comércio entre os povos a partir do século XIII.

A recepção das atividades foi bastante entusiasmada, mas o grupo que recebeu o texto para leitura não se mostrou muito satisfeito. Isso aconteceu nas três turmas. Essa postura me deixou apreensivo porque toda a estratégia da aula 3 estava centrada na leitura de textos, mas procurei adiar a preocupação para um outro momento.

Os grupos fizeram as atividades dentro do tempo esperado e me pareceu que todos participaram ativamente desse momento. Fui chamado algumas vezes para responder uma ou outra pergunta, mas, no geral, todos trabalharam sem a minha interferência. As equipes encarregadas de desmontar os alto falantes foram as mais obcecadas e demonstraram surpresa ao encontrar um ímã em seu interior. A turma da simulação também estava bastante empolgada atestando que práticas diferenciadas podem ser altamente motivadoras.

Terminado esse primeiro momento cada grupo foi expor para a turma as atividades que desenvolveram. O grupo 1 do 2ºM2 me surpreendeu ao falar da estrutura atômica dos materiais ferromagnéticos. Percebi que um dos componentes tinha um conhecimento acima da média quando ele explicou a diferença entre substâncias paramagnéticas e diamagnéticas (só em casa, ao fazer uma pesquisa mais aprofundada sobre o tema, pude constatar que sua explanação foi soberba). Ao

questioná-lo posteriormente sobre seus conhecimentos percebi que ele trazia consigo um conjunto de habilidades que até então tinha me passado despercebido. Constatei com tristeza que durante praticamente um ano minhas aulas foram incapazes de estimular esse aluno a mostrar todo seu potencial.

Um fato que merece ser destacado nesse segundo encontro da SD diz respeito a uma improvisação que implementei na tentativa de melhorar a participação dos alunos durante as discussões das atividades. As duas primeiras aulas dessa segunda feira aconteceram com o 2ºM3 e percebi uma falta de integração entre os grupos que apresentavam seus trabalhos e o restante da turma. Mesmo com minhas colocações era visível a falta de envolvimento de grande parte da sala. Me causou surpresa quando o terceiro grupo usou o data show para mostrar a simulação computacional utilizada para resolver as atividades propostas e, em seguida, quando expôs essas atividades em quatro slides do PowerPoint. Os alunos exibiam as perguntas nos slides e retornavam à simulação para justificar suas respostas. Para finalizar apresentaram parte de um vídeo para responder a quarta questão (<https://www.youtube.com/watch?v=jb7zfbD1Ym0>). O interesse foi geral e o grupo foi aplaudido. Percebi que se cada grupo envolver a turma em suas atividades e partilhar com ela a forma como as informações foram adquiridas pode-se mudar completamente a dinâmica da aula. Sugeri ao grupo 4 que exibisse o vídeo sobre auroras polares antes de discutir as atividades com a turma e o resultado foi bom. A experiência com o 2ºM3 me fez recomendar aos alunos do 2ºM2 e do 2ºM1 que compartilhassem o material recebido do professor com todos e utilizassem o PowerPoint durante suas apresentações. A prática foi bem-sucedida e a participação da turma mais efetiva durante as discussões.

Para terminar minhas considerações sobre a aula 2 é preciso dizer que nas três turmas onde foi ministrada ela foi bastante corrida. Minhas intervenções foram breves (algumas colocações poderiam ser explanadas mais criteriosamente)), a apresentação do último grupo estava acontecendo no momento do sinal indicativo do término da aula e a segunda resposta da problematização precisou ficar para casa. Mesmo com esses contratempos uma análise a posteriori me tranquilizou; notei alunos que sempre tiveram um comportamento apático participando ativamente das atividades propostas, ouvi comentários destacando o potencial motivador dessas aulas diferenciadas e fui parabenizado pela coordenação pedagógica pela iniciativa de humanizar a disciplina. A constatação de que um novo olhar sobre as aulas de

Física começava a ganhar força me fez acreditar no êxito dessa proposta de intervenção.

Após o término das atividades cada grupo respondeu às questões propostas (Apêndice B) e, ato contínuo, compartilhou com a turma suas conclusões. As discussões se generalizaram e assumi minha postura de mediador. Terminei o encontro recolhendo pela segunda vez o problema proposto no início da aula.

Aula 3

Para o desenvolvimento da aula 3 convidei um colega, professor de História e Filosofia, e propus que me acompanhasse em um momento pedagógico diferenciado. Expliquei que o objetivo da aula era mostrar como o Magnetismo se desenvolveu ao longo dos tempos e que gostaria de contar essa história situando esse desenvolvimento dentro de um contexto histórico, para que todos percebessem a Física como uma construção humana decorrente de cada momento histórico e não como uma ciência isolada em si mesma. Ele prontamente aceitou meu convite. Como de praxe elenquei os objetivos da aula, apresentei a problemática e aguardei as respostas. Em seguida levei os alunos para um ambiente não formal, uma área arborizada nas dependências da escola, onde distribui para todos textos previamente selecionados (Apêndice C). Damos início então a uma espécie de sarau literário, onde os alunos liam fragmentos de textos e deixavam seus comentários, perguntas e reflexões, enquanto o professor convidado conduzia as discussões ao encontro dos objetivos da aula. Findo esse momento retornamos para a sala de aula e, pela segunda vez, recolhi a solução da problematização proposta no início da aula.

Desde a preparação dessa SD tive uma certa preocupação com esse terceiro encontro, porém, como costumo alegar constantemente que nossos alunos precisam desenvolver habilidades de leitura, decidi manter minha proposta. Resolvi que durante as aulas, ao invés de distribuir os textos para os alunos, iria projetá-los no quadro usando o data show, e assim foi feito. Havia convidado alguns professores para esse momento, mas nenhum estava disponível. Iniciei a aula como de costume e, após explicar a dinâmica do encontro, demos início à leitura dos textos. Terminada a leitura do texto 1 do Apêndice C, muito bem-feita por sinal, sugeri que procurassem em um dicionário online o significado das palavras desconhecidas e, em seguida, expusessem suas opiniões a respeito do que foi lido. Alguns alegaram que o texto era

de difícil compreensão e que não identificaram onde e quando surgiu o magnetismo. Outros retrucaram argumentando que o seu objetivo não era localizar o magnetismo no tempo e no espaço e sim mostrar que várias civilizações partilhavam desse conhecimento simultaneamente e que ele foi se desenvolvendo de acordo com as peculiaridades de cada um desses povos. O primeiro comentário após a leitura do texto 2 do Apêndice C foi bastante oportuno então vou tentar transcrevê-lo: *professor, entendi que o desenvolvimento da ciência está vinculado ao seu grau de utilidade, por isso o grande salto do magnetismo foi a descoberta de que as bússolas se orientavam aproximadamente na direção norte sul da Terra. Foi nesse momento que o homem percebeu a importância do instrumento que ele tinha em mãos e passou a utilizá-lo para se orientar em suas viagens marítimas e terrestres. A partir daí a evolução do magnetismo não parou mais.* As discussões giraram basicamente em torno da colocação feita pela aluna, a maioria concordando com seu ponto de vista. Um grupo criticou sua posição alegando que determinadas ciências se desenvolvem mesmo sem utilidade prática alguma (citaram a corrida espacial e a indústria bélica) mas foram rapidamente contestados por outros alunos. O debate foi bem interessante e a participação praticamente generalizada. Prosseguimos com a leitura do texto 3 do Apêndice C e uma colocação me deixou feliz porque pude usá-la para direcionar a conversa ao encontro de um dos objetivos da aula. Um aluno comentou o erro de Gilbert ao considerar que os fenômenos elétricos e magnéticos não tinham relação entre si e citou o erro de Ptolomeu na defesa do geocentrismo. Aí veio a pergunta: “quais as verdades de hoje que são realmente verdadeiras”? Devolvi o questionamento para a turma e uma resposta me surpreendeu. A mesma aluna cujo posicionamento descrevi acima disse: *muitas das coisas que hoje julgamos verdadeiras podem ser desmentidas amanhã; é só olhar um dos objetivos da aula que o professor colocou no quadro. A Física é uma construção humana, portanto, passível de erros e acertos. A sua evolução é que pode ou não confirmar as teorias aceitas atualmente.* Detalhe é que essa aluna nunca tirou notas boas em minhas provas. Mais um episódio que me fez refletir sobre minha vida de professor. A leitura do anexo 6 foi rápida e não gerou comentários relevantes. A sensação ao término da aula foi de satisfação e minha preocupação inicial se mostrou infundada. Mas ainda tinham as aulas do 2ºM2 e do 2ºM3 no dia seguinte. Para esse momento consegui que um professor de Filosofia se juntasse a nós. Ele propôs trazer sua turma de 1º ano para o nosso encontro e assim o fez. Levamos os alunos para um espaço arborizado nas

dependências da escola onde todos se acomodaram, em bancos ou mesmo no chão, formando um círculo com aproximadamente 60 alunos. Os textos haviam sido encaminhados para o e-mail das turmas (inclusive as do 1º ano) e cada aluno leitor se posicionou no meio do círculo utilizando seu celular para a leitura. O professor presente, com certeza mais preparado que eu para conduzir uma discussão de caráter histórico-filosófico, encaminhou a troca de informações brilhantemente; eu assumi a posição de ouvinte, só me manifestando quando solicitado. A participação foi quase generalizada e ao final todos elogiaram a nossa iniciativa. Mais uma vez constatei que quando nos propomos a mudar nossas práticas pedagógicas os alunos também respondem de forma diferenciada.

Aula 4

Seguindo os passos do 2º encontro as atividades da aula 4 também foram realizadas em grupos. Para o desenvolvimento da aula cada grupo recebeu um kit para a construção de um eletroímã. O desafio de cada equipe foi construir o eletroímã (Apêndice D) de acordo com minhas instruções e, em seguida, descobrir se a intensidade do campo magnético criado pelo eletroímã dependia ou não da corrente e do número de voltas da bobina. Após a realização das atividades propostas pedi a cada grupo que acessasse o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/search?q=campo+magnetico, entrasse na simulação *ímãs e eletroímãs* e brincasse um pouco. Sempre com o medidor de campo marcado várias simulações foram feitas com o objetivo de corroborar as conclusões obtidas anteriormente com o eletroímã sobre a influência do número de espiras e do valor da corrente elétrica na intensidade do campo magnético.

Essa aula foi dividida em duas etapas, uma vez que cada grupo precisou fazer duas atividades: construir um eletroímã e interagir com uma simulação computacional. A primeira parte foi reservada para a construção do eletroímã. Cada grupo trouxe de casa o material pedido anteriormente e apareceram pregos de diversos tamanhos, vários tipos de fios, pilhas grandes e médias e até baterias. Expliquei o que iríamos fazer e todos se mostraram receptivos. Cada grupo construiu seu eletroímã como eu havia solicitado, com 50, 100, 150, 200 e 250 voltas e os testes começaram. Como costuma acontecer com experimentos alguns funcionaram como esperado enquanto outros não. Os grupos discutiram entre si, trocaram materiais e conseguiram

identificar que a intensidade do campo magnético gerado pelo eletroímã dependia do número de voltas que davam nos pregos. Associando as pilhas em série (precisei lembrá-los de associação de geradores) perceberam que a força magnética que atraía os cliques aumentava consideravelmente e concluíram sozinhos que a tensão das pilhas era outro fator que influenciava no campo magnético criado pelos eletroímãs. Escrevi a primeira lei de Ohm no quadro para que pudessemos incluir a corrente elétrica em nossas discussões e alguns alunos questionaram se a resistência elétrica dos fios não seria um fator relevante na obtenção desse campo magnético. Trocamos alguns fios para tentarmos responder essa questão na prática, mas os efeitos não se fizeram visíveis. Perguntei se a corrente elétrica em um fio dependia de sua resistência e todos afirmaram que sim. Isso foi suficiente para que eles próprios respondessem seu questionamento. Uma simulação computacional, ímãs e eletroímãs, foi a atividade realizada na segunda parte da aula. Expliquei como deveriam proceder e sugeri que mantivessem o medidor de campo marcado e fizessem algumas simulações como mover o eletroímã, mover a bússola, modificar a fonte de corrente e mudar o número de espiras. Percebi que eles ficavam empolgados à medida que a simulação corroborava as conclusões obtidas anteriormente com o eletroímã sobre a influência do número de espiras e do valor da corrente elétrica na intensidade do campo magnético. O tempo disponibilizado foi suficiente para a execução de todos os momentos previstos para a aula e as atividades elaboradas foram adequadas para a obtenção dos objetivos propostos. A mim coube finalizar as discussões unificando as informações trocadas para que elas pudessem convergir para os objetivos da aula. Como nas aulas anteriores a atividade problematizadora foi recolhida em dois momentos distintos, no início e no término do encontro.

Mais uma vez a motivação dos alunos se fez presente durante toda a aula e pude concluir que a intervenção se mostrou satisfatória para todos, podendo ser reproduzida com ótimas expectativas.

Aula 5

A aula 5 foi mais um encontro onde lancei mão de atividades coletivas. Para o desenvolvimento dessa aula os grupos 1, 2 e 3 receberam um kit para a confecção do experimento de Oersted (Apêndice E), enquanto os grupos 4 e 5 receberam uma cópia impressa de um texto histórico para leitura e posterior discussão (Apêndice E). Após

a conclusão de seus trabalhos eles revezaram as atividades propostas, isto é, os grupos 1, 2 e 3 passaram a ler o texto enquanto os grupos 1 e 2 ficaram encarregados de realizar o experimento. A atividade problematizadora, comum a todas as aulas dessa SD, aconteceu como de costume.

Essa aula também foi dividida em duas etapas, uma vez que coube a cada grupo a realização de duas atividades: a reprodução do experimento de Oersted e a leitura de um texto narrando alguns fatos marcantes na descoberta do eletromagnetismo. O experimento, como acontece com certa frequência, absorveu os alunos e os deixaram empolgados; a leitura do texto não teve uma recepção tão calorosa, mas percebi que a resistência já não era a mesma que presenciei anteriormente. Como os alunos já conheciam os efeitos magnéticos da corrente elétrica concluíram facilmente porque a agulha da bússola mudava de posição na presença do circuito elétrico montado, porém, não conseguiam explicar o motivo da agulha não se mover quando colocada perpendicularmente ao fio. Esperei que os grupos concluíssem a experiência e a leitura do texto e, lembrando a todos que o campo magnético era uma grandeza vetorial, expliquei a regra da mão direita envolvente; informei que era a forma mais fácil para se determinar a direção e o sentido do campo magnético, mas eles não observaram essa facilidade. É fato que muitos alunos apresentam dificuldades na utilização dessa regra aparentemente simples, e naquela ocasião não foi diferente. Um aluno associou a explicação que dei a dois trechos do texto lido:

- ✓ “...o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento circular em torno dela.”
- ✓ “...o efeito magnético se propagaria lateralmente ao fio, como a luz e o calor emitidos de um fio quando percorrido intensamente pela eletricidade, e não na orientação da corrente elétrica.”

Quando notei que vários alunos estavam usando corretamente a regra da mão direita envolvente perguntei se agora eles conseguiriam explicar o motivo da agulha não se mover quando colocada perpendicularmente ao fio. Nas três turmas que fiz essa pergunta não obtive nenhuma resposta correta. Então retornei ao quadro, desenhei uma bússola e um vetor campo magnético e perguntei qual seria a orientação da bússola naquela situação. A maioria respondeu corretamente. Voltei para o quadro e modifiquei minha figura. O novo desenho apresentava uma bússola e dois vetores perpendiculares representando dois campos magnéticos distintos. Perguntei novamente qual seria a orientação da bússola nessa nova situação e alguns alunos

falaram em vetor resultante e responderam corretamente a minha pergunta. Retornamos ao questionamento que originou a discussão em questão e pude constatar o êxito de algumas colocações. Como a minha intervenção foi muito demorada e o tempo estava se esgotando não pudemos discutir o texto como planejado e a discussão se restringiu às respostas das questões 3 e 4 do Apêndice E. Apesar do tempo não ter sido suficiente para uma leitura mais apurada do texto pude perceber uma certa maturidade nos comentários de grande parte dos meninos. Ao fim dessas atividades todos responderam um questionário, também no Apêndice E, e a aula foi encerrada com uma discussão entre os grupos. A aproximação entre história da ciência e atividades investigativas estava deixando os alunos mais à vontade para questionar e participar ativamente de todos os momentos da aula.

Aula 6

Na aula 6, também em grupo, primeiramente exibi o vídeo que se encontra no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=Rba9EdXO368> mostrando a indução eletromagnética e, em seguida, ouvi a opinião dos alunos a respeito do experimento observado. Ato contínuo, uma simulação disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generatousinas_hidrelétricas.r foi utilizada para ajudar as equipes na compreensão do fenômeno da indução eletromagnética. Para iniciar a simulação indiquei aos alunos que selecionassem a aba solenóide, manipulassem o ímã e anotassem o que observaram. Em seguida pedi que trocassem a lâmpada pelo amperímetro e observassem o ocorrido. Também os direcionei para que manipulassem a área do circuito e o número de espiras e anotassem suas observações. Por último sugeri que clicassem na aba transformador e trocassem as fontes de tensão elétrica, o número de espiras e a lâmpada pelo medidor elétrico; mais uma vez pedi que anotassem suas observações. Após essas atividades cada grupo expôs suas conclusões e então partimos para assistir outro vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=3xshEp2AIBY>, vídeo este que trazia uma aplicação prática do fenômeno observado nas simulações anteriores, a saber o funcionamento das usinas hidrelétricas.

Nesse encontro pude perceber claramente que o trabalho diferenciado que vínhamos fazendo com a aplicação da SD estava gerando uma grande expectativa nos estudantes em relação às aulas de Física. Logo que entrei na sala notei um

entusiasmo incomum, com alunos querendo saber o que faríamos naquele dia. Pareciam predispostos a adquirir novos conhecimentos. Após a preparação da turma para a aula, expondo os objetivos e escrevendo a problemática, assistimos ao primeiro vídeo que escolhi à época da preparação da SD. Apesar de mostrar o fenômeno da indução eletromagnética de forma clara não foi bem recepcionado pelos alunos. Eles se mostraram surpresos com a iluminação das lâmpadas de led devido ao movimento do ímã, mas sem nenhuma empolgação (confesso que nesse momento também achei minha escolha infeliz). Lembrei-me de um vídeo que havia assistido no manual do mundo mostrando como se fazia um gerador caseiro utilizando ímãs, era divertido e ia servir ao meu propósito. Não me enganei, todos gostaram muito do que assistiram e se propuseram a fazer o experimento em casa. Um aluno me questionou se a indução eletromagnética era responsável por acender o farol de sua bicicleta. Ao invés de responder sua pergunta sugeri que acessasse o site www.revistabicicleta.com.br e se informasse a respeito dos dínamos. Não demorou para que ele dissesse que agora tudo fazia sentido, expondo as suas conclusões. Pedi que explicasse para a turma o que leu sobre o funcionamento de um dínamo e ele prontamente me atendeu. As discussões prosseguiram, mas uma pergunta permanecia sem resposta: por que a lâmpada só acendia quando o ímã estava em movimento? O momento seguinte estava reservado para a simulação, que é uma atividade que costuma ser envolvente e muito bem recepcionada. Todos acessaram o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator e começaram a manipular a simulação. Pedi que selecionassem a aba solenoide e marcassem o quadradinho indicador de medidor de campo. Não demorou para que alguns concluíssem que só a existência do campo magnético não era suficiente para acender a lâmpada, era necessário que esse campo estivesse variando para que a lâmpada acendesse. Sugeri então que clicassem na aba transformador, alternassem as fontes de tensão elétrica e manipulassem a área da espira. Todos notaram facilmente que a corrente contínua não acendia a lâmpada, mas apenas um aluno comentou que percebeu uma pequena luminosidade na lâmpada quando aumentou a área da espira. Nesse momento pedi que interrompessem a simulação e falei um pouco sobre fluxo magnético, para que associassem a indução eletromagnética à variação do fluxo magnético. Em seguida todos assistiram atentamente ao vídeo sobre usinas hidrelétricas e surgiram os questionamentos:

- ✓ Professor, vamos visitar uma hidrelétrica?

- ✓ Toda corrente elétrica vem de campo magnético?
- ✓ Posso fazer uma usina hidrelétrica em casa?
- ✓ Posso criar eletricidade em casa só usando fios e ímãs?
- ✓ Quando foi feita a primeira usina hidrelétrica?
- ✓ Qual o impacto ambiental da instalação de uma usina hidrelétrica?
- ✓ Se eu fizer uma bobina em casa com fio de cobre e usar um ímã para acender uma lâmpada vai dar certo?
- ✓ O professor de Geografia disse que as hidrelétricas podem ser tão poluentes quanto as termelétricas, é verdade?

Conversamos um pouco sobre esses questionamentos e em seguida usei o Datashow para projetar no quadro o texto do Apêndice F “Como funcionam as usinas hidrelétricas”. A leitura foi feita pelos alunos e me pareceu que serviu para clarear algumas dúvidas que o vídeo havia deixado. Recolhi pela segunda vez a resposta do problema inicial e avisei que mandaria para o e-mail da turma um texto que deveria ser lido em casa para discutirmos em nosso próximo encontro (Apêndice G). Como o sinal ainda não havia tocado pedi que resumissem com uma frase o que haviam aprendido na aula e comecei a transcrevê-las no quadro.

- ✓ Ímãs podem acender lâmpadas.
- ✓ Campo magnético pode gerar eletricidade.
- ✓ Variação do campo magnético pode gerar eletricidade.
- ✓ O princípio de funcionamento das usinas hidrelétricas é a indução eletromagnética.
- ✓ Mudando a área de uma espira que se encontra em um campo magnético ela passa a ser percorrida por corrente elétrica.
- ✓ Transformadores só funcionam com corrente alternada.
- ✓ Variação do fluxo magnético gera corrente elétrica.

A aula foi finalizada com a leitura em conjunto do texto “Como funcionam as usinas hidrelétricas” (Apêndice F) com o objetivo de complementar o vídeo assistido e unificar os conceitos de indução eletromagnética e geração de energia elétrica. Recolhi pela segunda vez a atividade problematizadora.

Quando o sinal tocou todos falavam ao mesmo tempo querendo ter sua frase escrita no quadro. Mesmo tendo a grandeza fluxo magnético citada apenas em uma turma terminei o dia com a sensação de dever cumprido.

Aula 7

Finalmente na aula 7 o primeiro momento foi reservado para a discussão de questões pertinentes ao texto “Uma breve história da indução eletromagnética” (Apêndice G) lido previamente em casa; procurei dar prioridade a aspectos da vida de Faraday e ao seu experimento de 1831; em seguida exibi o documentário da National Geographic “Batalha de Genius – Edson x Tesla” que pode ser encontrado no site <https://www.youtube.com/watch?v=voLSvHfU8g> retratando a disputa protagonizada por Nikola Tesla e Thomas Edson no final do século XIX pela preferência do uso da corrente contínua ou alternada na distribuição de energia elétrica. Logo após promovi um debate com a turma para que todos pudessem expor suas ideias a respeito do episódio retratado no vídeo. A atividade problematizadora ocorreu como de praxe. O último encontro dessa SD ocorreu sem contratempos. Após começarmos a aula como de costume demos início à leitura do texto “Uma breve história da indução eletromagnética” presente no Anexo G. Como os alunos alegaram que já haviam lido o texto em casa (sugestão minha ao final da aula anterior) limitei-me a fazer um questionamento para me certificar de que a leitura realmente ocorrera: quem foi Michael Faraday? As respostas confirmaram que a maioria dos alunos realmente leu o texto.

- ✓ Foi o cientista que descobriu a indução eletromagnética.
- ✓ Foi o inventor do dínamo.
- ✓ Foi o cara que finalizou a descoberta do eletromagnetismo, porque antes dele sabia-se apenas que a eletricidade gerava o magnetismo; ele descobriu que o magnetismo também podia gerar eletricidade.
- ✓ Foi o cientista que lançou a base do funcionamento das modernas usinas hidrelétricas.
- ✓ Foi o cientista que deu continuidade aos trabalhos de Oersted.

Um aluno me questionou que não havia entendido uma parte do texto que dizia que corrente elétrica em um circuito gerava corrente elétrica em outro circuito. Afirmou que isso era eletricidade gerando eletricidade, o que não tinha nada a ver com a indução eletromagnética que ele tinha aprendido anteriormente. Perguntei para a turma se alguém poderia ajudá-lo, mas ninguém se manifestou. Para que ele próprio pudesse responder seu questionamento resolvi retomar a simulação utilizada na aula anterior na aba transformador. Troquei a lâmpada pelo medidor de tensão, escolhi como fonte de corrente DC e fui mudando a posição do eletroímã. Perguntei se estava

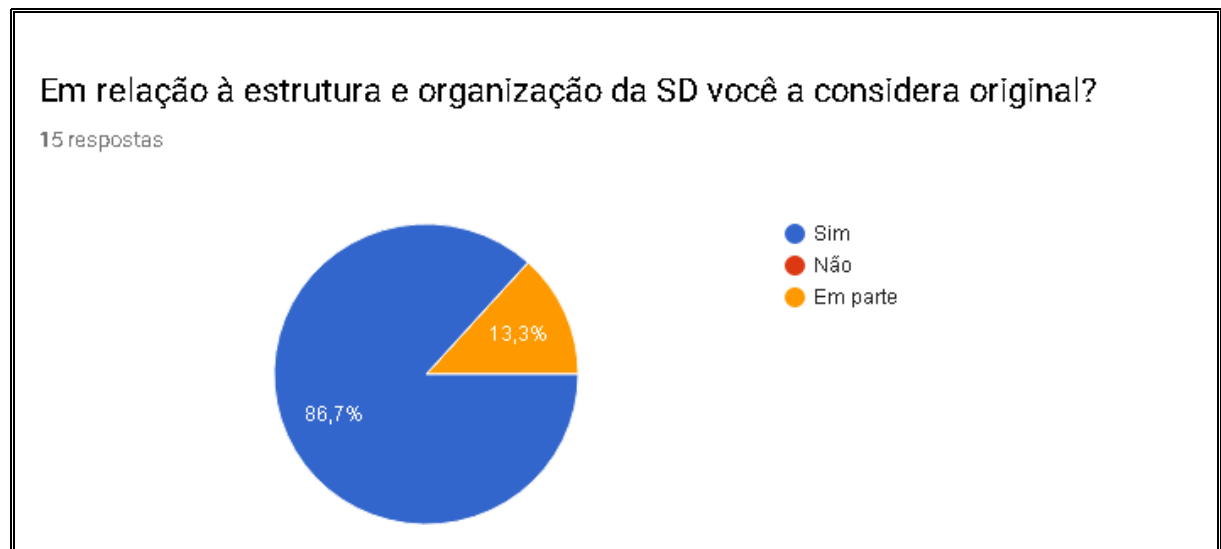
percebendo alguma coisa diferente no outro circuito e ele disse que não. Repeti o processo mudando a fonte de corrente para AC. Perguntei novamente se tinha percebido algo diferente e ele respondeu que o ponteiro do mostrador estava se movimentando, sinalizando a passagem de corrente elétrica, mas que eu estava simulando exatamente o que ele leu e não aceitou como sendo indução eletromagnética. Então questionei sobre o experimento de Oersted e ele prontamente respondeu que corrente elétrica gerava campo magnético. Nesse momento parece que houve um insight coletivo e as explicações para seu questionamento começaram a aparecer. Fiquei feliz vendo que cada aluno estava tomando para si a tarefa de construir seu próprio conhecimento e assumindo uma postura de protagonista no processo de ensino e aprendizagem de Física.

Conversamos um pouco sobre os acontecimentos que contribuíram para as pesquisas de Faraday, sempre direcionando as discussões no intuito de mostrar que as grandes descobertas da ciência não constituem um fato isolado no tempo e no espaço e, em seguida, começamos assistir ao documentário da National Geographic “Batalha de Genius – Edson x Tesla” retratando a disputa protagonizada por Nikola Tesla e Thomas Edson no final do século XIX pela preferência do uso da corrente contínua ou alternada na distribuição de energia elétrica. Como o vídeo era longo, aproximadamente 44 minutos, havia programado um intervalo para discutirmos o que tínhamos assistido nesse primeiro momento. Porém, percebendo que todos se mantinham atentos à exibição do filme, mudei de ideia e o assistimos até o fim. Um aluno comentou que havia assistido a um documentário intitulado “a guerra das correntes” onde um elefante era eletrocutado. Uma outra, que se mostrou indignada com a utilização de animais em pesquisas científicas, foi contestada pelo amigo alegando que descobertas na área de saúde, responsáveis por salvar milhares de pessoas, não aconteceriam sem essas pesquisas; ela treplicou afirmando que uma saída seria a busca de métodos alternativos que substituíssem os testes em seres vivos. Achei as colocações pertinentes, mas confesso que naquele momento esperava uma discussão voltada para a ciência da eletricidade. Mais tarde percebi que os debates foram além do esperado. Discutimos sobre os interesses da ciência, desafios éticos, compromissos com novas tecnologias e capacidade de intervenção e transformação da sociedade em que vivemos. Finalizei minha SD considerando-a exitosa, uma vez que grande parte dos objetivos propostos foram cumpridos.

Da validação da Sequência Didática

Na etapa de validação da SD usei o questionário que elaborei no google forms intitulado “Uma abordagem qualitativa e histórico-investigativa sobre o Eletromagnetismo” contendo 25 questões, sendo 24 de múltipla escolha com 3 opções de respostas, a saber, “sim”, “em parte” e “não” (apêndice J). Nas perguntas procurei contemplar cinco dimensões de análise: Estrutura e Organização, Problematização, Conteúdos e Conceitos, Metodologia de Ensino e Avaliação. Os gráficos abaixo apresentam as respostas a esse questionário.

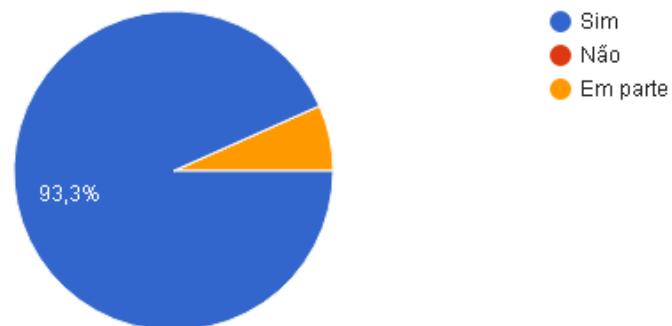
Pergunta 1



Pergunta 2

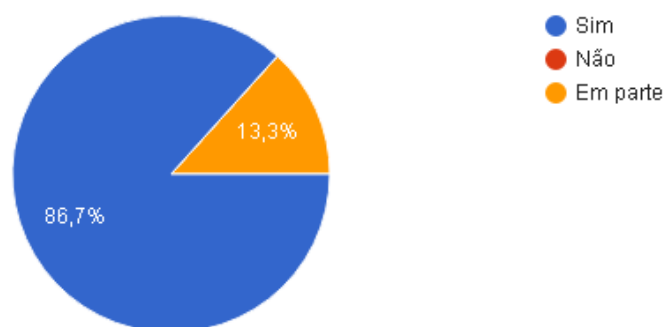
A SD vincula os conteúdos tratados de modo interessante?

15 respostas

**Pergunta 3**

A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um agente motivador para o aprendizado do Eletromagnetismo?

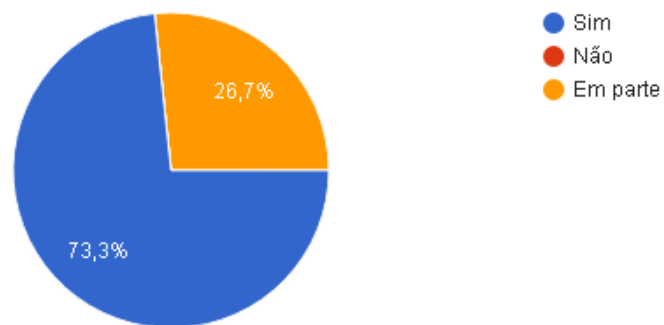
15 respostas



Pergunta 4

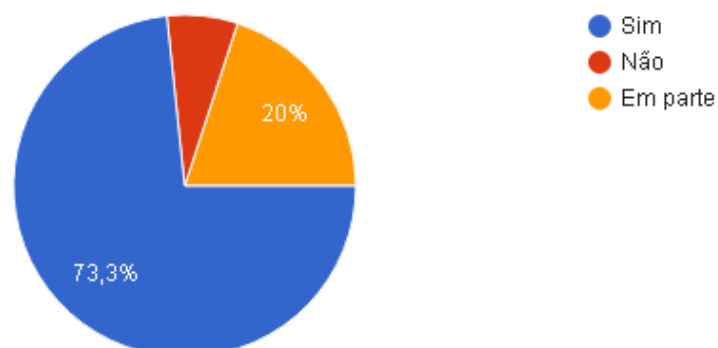
A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um fator relevante para a compreensão dos conceitos físicos discutidos na SD?

15 respostas

**Pergunta 5**

A SD é auto-explicativa e não houve dificuldades para entendê-la?

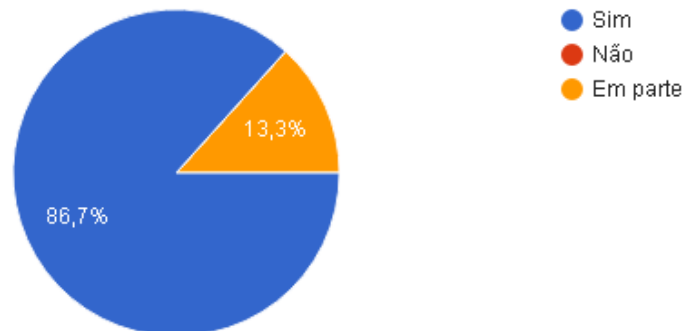
15 respostas



Pergunta 6

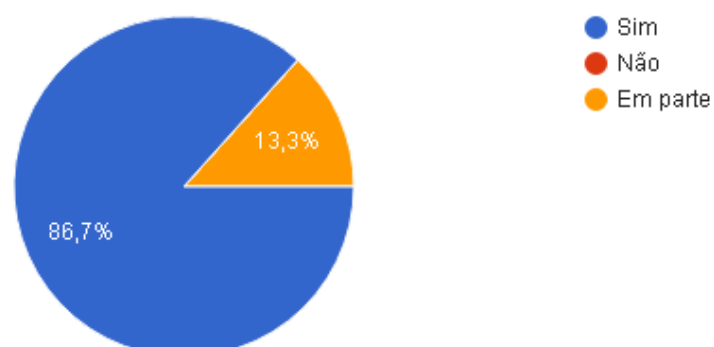
As atividades propostas mostram-se pertinentes com os objetivos da SD?

15 respostas

**Pergunta 7**

A SD apresenta atividades de fácil acessibilidade e executabilidade?

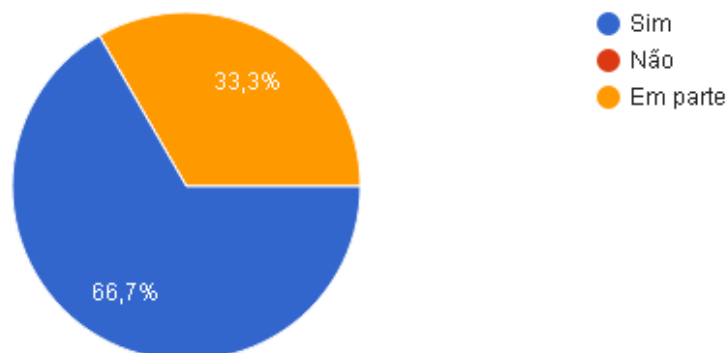
15 respostas



Pergunta 8

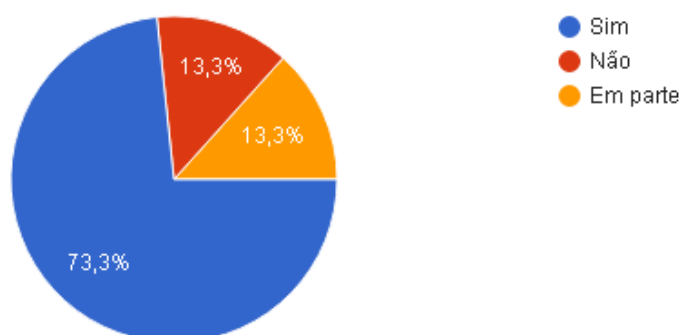
Os problemas propostos são abrangentes a ponto de suscitar uma discussão interessante?

15 respostas

**Pergunta 9**

Em uma perspectiva social, cultural e científica a problematização se mostra relevante?

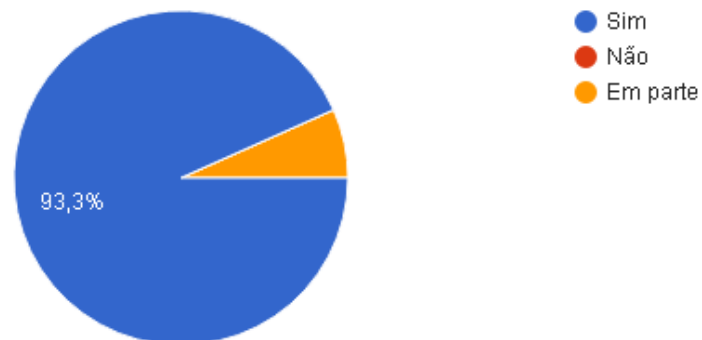
15 respostas



Pergunta 10

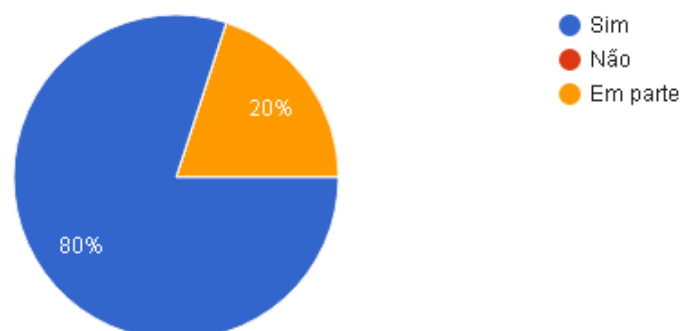
Quanto à articulação entre conceitos e problematização o problema remete ao conceito físico trabalhado?

15 respostas

**Pergunta 11**

Quanto à contextualização do problema ele é plausível e se enquadra em situações concretas da vida cotidiana?

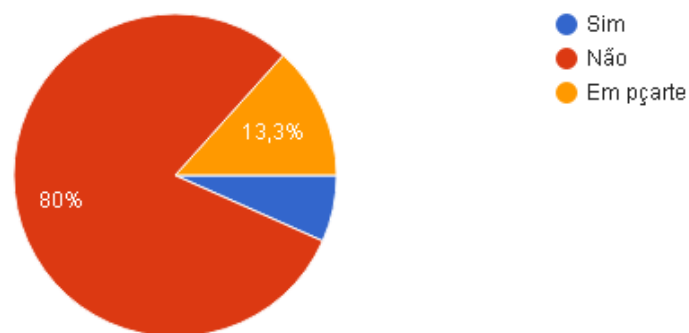
15 respostas



Pergunta 12

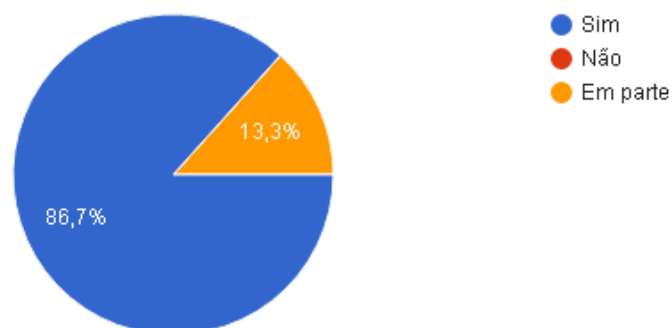
A problematização é demasiadamente fácil a ponto de ser desinteressante ou demasiadamente difícil, a ponto de desmotivar os alunos?

15 respostas

**Pergunta 13**

A SD deixa bem claros quais são os objetivos a serem alcançados e os conteúdos a serem trabalhados?

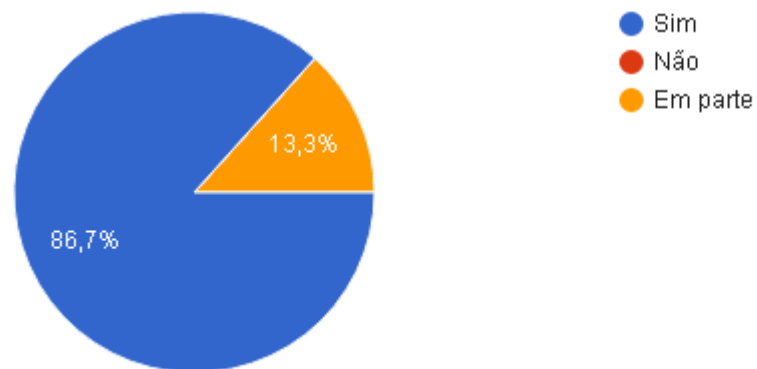
15 respostas



Pergunta 14

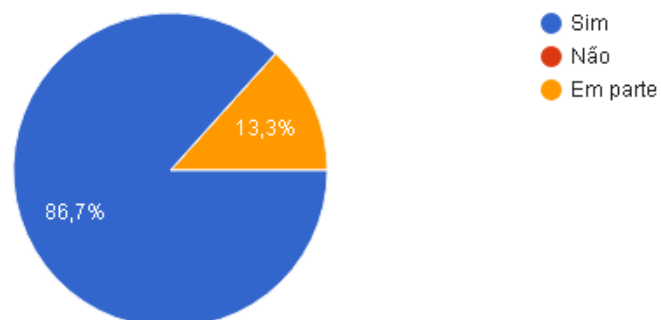
As atividades propostas asseguram a possibilidade dos alunos compreenderem satisfatoriamente os conteúdos e conceitos envolvidos na SD?

15 respostas

**Pergunta 15**

A SD possibilita que os alunos estabeleçam relações entre os conceitos científicos trabalhados e situações cotidianas a que sejam aplicáveis?

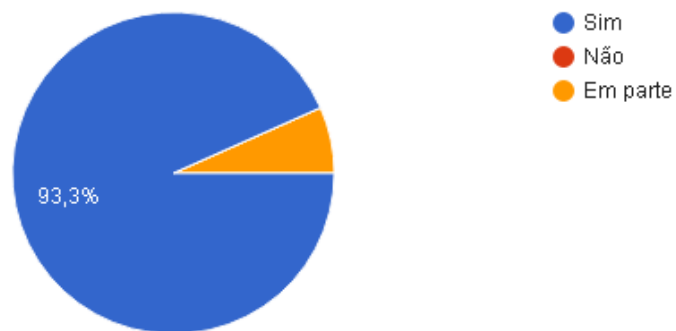
15 respostas



Pergunta 16

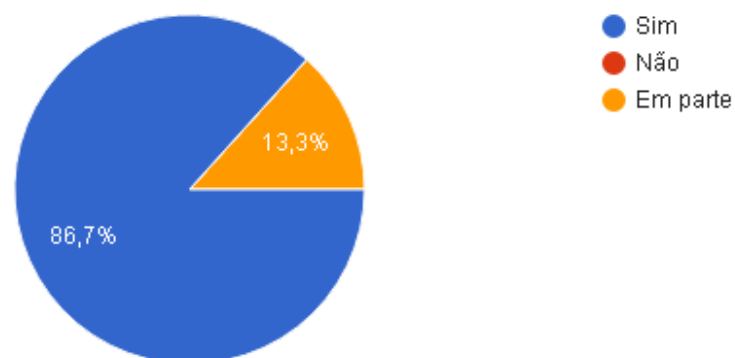
Os conteúdos abordados são apresentados de forma articulada, lógica e gradativa?

15 respostas

**Pergunta 17**

É possível que ao final da aplicação da SD os alunos percebam a articulação entre o seu tema, os fenômenos discutidos na problematização e os conceitos físicos envolvidos?

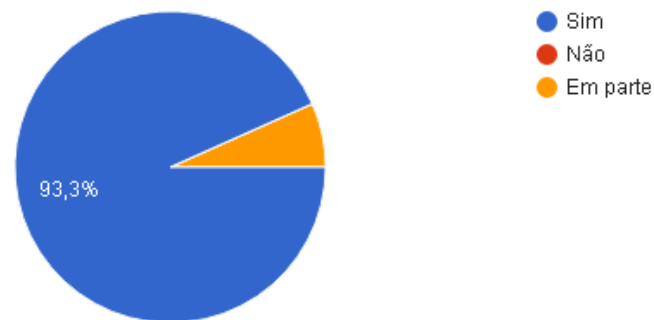
15 respostas



Pergunta 18

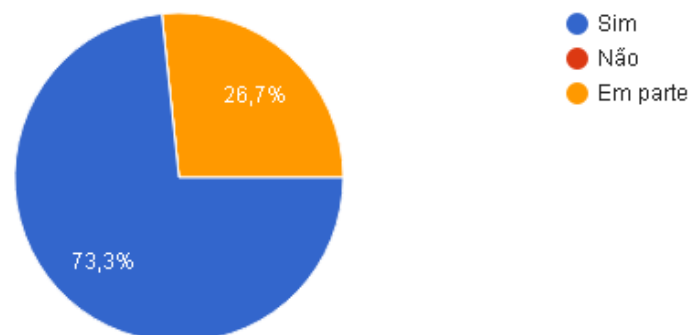
Quanto aos aspectos metodológicos a SD enquadra-se numa metodologia coerente com os objetivos da docência de Física no Ensino Médio?

15 respostas

**Pergunta 19**

A apresentação da SD permite a correlação com os demais conteúdos da disciplina e com problemas concretos, de relevância social?

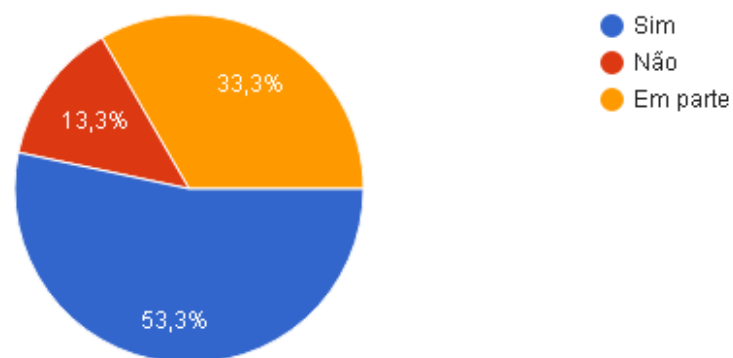
15 respostas



Pergunta 20

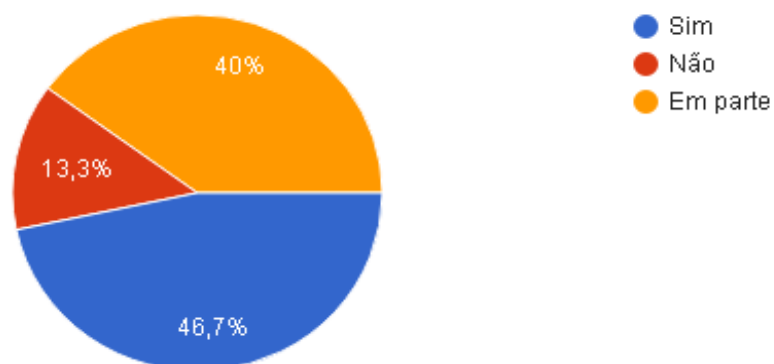
Os métodos e instrumentos de avaliação possibilitam uma visão integradora acerca dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais desenvolvidos pelos alunos?

15 respostas

**Pergunta 21**

Os instrumentos de avaliação são adequados e suficientes para verificar se os objetivos de ensino foram alcançados?

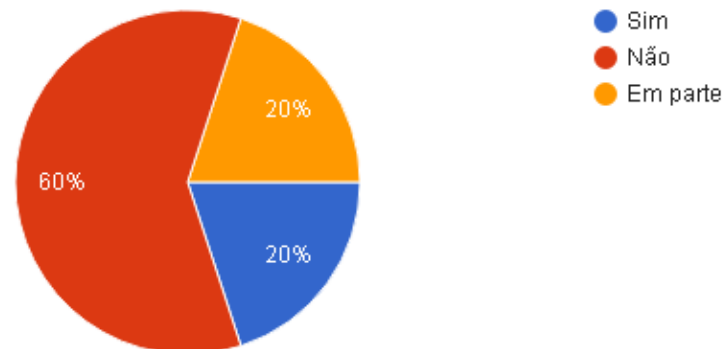
15 respostas



Pergunta 22

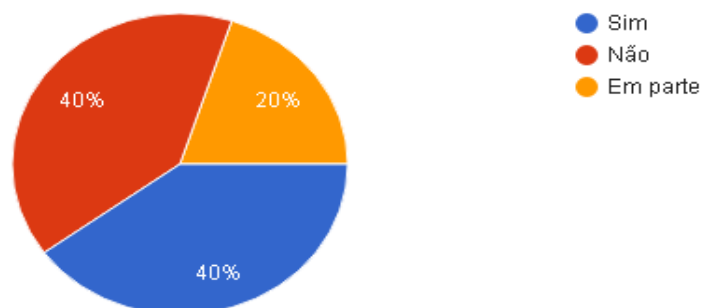
Você acha importante a introdução de uma avaliação meramente quantitativa ao término de cada aula dessa SD?

15 respostas

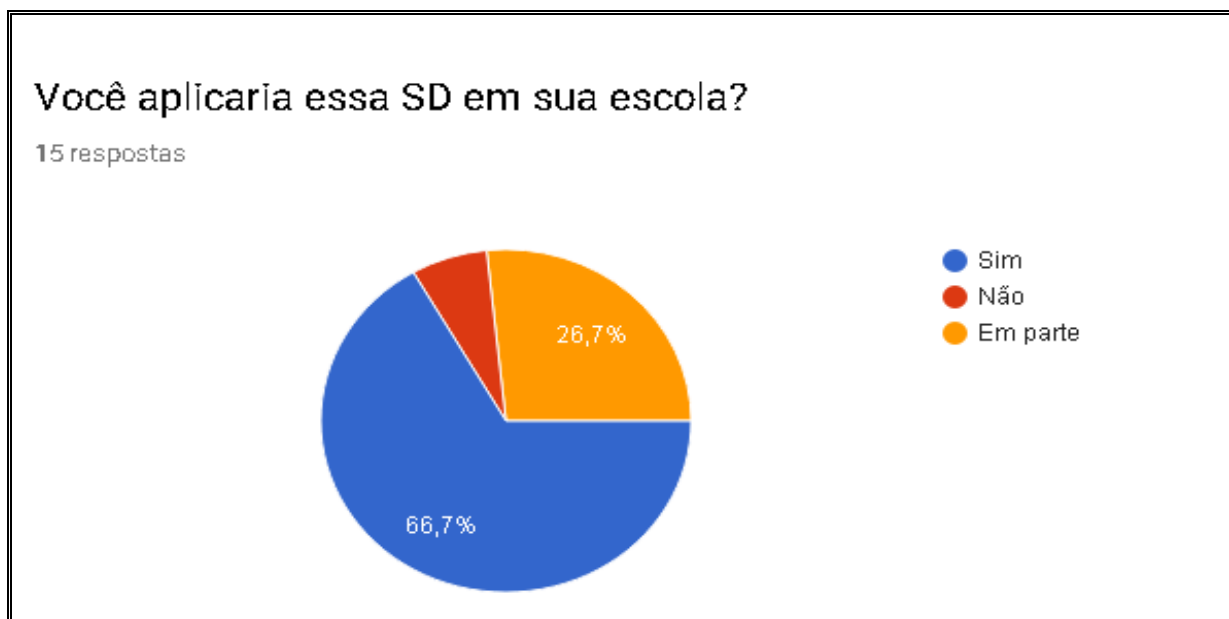
**Pergunta 23**

A SD não prevê claramente uma etapa avaliativa em que se dê retorno aos alunos acerca de seus desempenhos nas atividades, com vistas a novas intervenções pedagógicas. Você considera necessária uma adequação no tempo ou nas atividades propostas para que essa etapa se faça presente na SD?

15 respostas



Pergunta 24



As perguntas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 referem-se à **Estrutura e Organização** da Sequência Didática. Uma análise das respostas fornecidas pelos professores me permite concluir que a SD está bem estruturada e bem organizada. Treze Professores (86,7%) a julgaram original e de fácil executabilidade, enquanto 14 professores (93,3%) acenaram para uma vinculação problematização/conteúdo bastante interessante. Um único professor (6,6%) mencionou dificuldade em compreendê-la, mas não consegui identificá-lo através das considerações que cada respondente fez sobre a SD na questão 25; 12 professores (80,0%) acharam pertinente a articulação entre HCEF e ENCI como agentes motivadores e relevantes para o aprendizado do conteúdo proposto. A fala de dois professores pode corroborar minha conclusão a respeito da usabilidade dessa dimensão. Um professor escreveu: “A SD está coerente com o propósito, com uma sequência lógica e de fácil aplicação por parte dos professores”. O comentário de um segundo respondente foi: “Achei pertinente a introdução de atividades diferenciadas que com certeza devem motivar os alunos. Tudo começa com a motivação. Aluno desmotivado dificilmente vai assimilar o conteúdo.”

A dimensão da **Problematização** aparece contemplada nas perguntas de números 8, 9, 10, 11 e 12. Dez professores (66,7%) a consideraram abrangente e capaz de proporcionar discussões interessantes, onze professores (73,3%) sinalizaram para uma problematização que remete a situações do cotidiano, 14 respondentes (93,3%)

concordaram que o problema proposto facilitava a compreensão do conceito físico discutido e 12 professores consideraram o seu nível de dificuldade coerente com as propostas de cada aula. Essas respostas me levam a concluir que essa dimensão da SD foi ratificada pelos colegas professores. Curiosamente nenhum professor fez comentários expressos sobre a problematização das aulas dessa SD, talvez por não ser um hábito que nós, professores, tenhamos incorporado em nossa prática diária.

A respeito da dimensão **Conteúdos e Conceitos** as respostas das perguntas 6, 13, 14, 15, 16, 17 e 19 indicaram uma SD exitosa. 14 professores (93,3%) concordaram que os conteúdos aparecem numa sequência lógica e gradativa e 13 professores (86,6%) consideraram que as atividades propostas possibilitavam que os estudantes compreendessem satisfatoriamente os conceitos e conteúdos discutidos e que existia uma relação entre os conceitos físicos trabalhados e situações do cotidiano.

A categoria **Metodologia e Avaliação** foi contemplada nas perguntas 18, 20, 21, 22 e 23 e, pelo que pude avaliar, foi a categoria que mais dividiu os respondentes que participaram da pesquisa, principalmente no quesito avaliação. 8 professores (53,3%) defenderam a inclusão de uma atividade avaliativa formal, sinalizando a necessidade de uma reestruturação nesse item. No tópico metodologia houve quase unanimidade. 14 professores (93,3%) concordaram que os aspectos metodológicos da SD se enquadram numa metodologia coerente com o que se espera da docência em Física. Para ilustrar minha percepção a respeito da categoria Metodologia e Avaliação vou citar o comentário de 2 professores. Um deles escreveu: “Sabe-se que a porcentagem de alunos que não entendem e por isso não gostam de Física é superior a 80%; todo esforço do professor em fazer com que o interesse apareça é bem-vindo. A SD traz uma perspectiva diferenciada para abordar assuntos de difícil compreensão e, aliado a isso, métodos que auxiliam o prazer em aprender. Todas as aulas foram pensadas e elaboradas com critério e visa o aprendizado.” Em um trecho da resposta de outro professor lê-se: “...no que diz respeito ao processo avaliativo eu incluiria uma avaliação quantitativa ao final de cada aula, que pode ser 3 ou 4 questões dos 7 exercícios propostos para casa. Acho importante uma ferramenta que me dê subsídios para avaliar o crescimento dos alunos numa dimensão epistemológica e não só atitudinal.”

Por fim, a resposta à questão 24, que a meu ver consubstancia tudo que foi respondido nas questões anteriores, me pareceu animadora. Dos quinze professores que responderam ao questionário, dez (66,6%) a aplicariam integralmente em sua escola,

quatro (26,6%) a aplicariam em parte e apenas um professor (6,6%) a considerou inaplicável. Consegui identificá-lo através da resposta da questão 25, que reproduzo na íntegra: “Gostei muito das aulas 1, 4 e 7, achei elas mais dinâmicas e com possibilidades reais de contextualização. A aula 3 é só teoria e está bem distante do ensino da física. As aulas 2 e 6 poderiam ter atividades mais empolgantes. Apesar de achar a SD interessante não poderia aplicá-la na escola onde trabalho pois tenho apenas duas aulas semanais e não conseguiria implementar todas as atividades propostas.”

Ao final dessa análise chego à conclusão de que a SD foi validada com sucesso e que, com algumas adaptações, ela pode ser aplicada por qualquer professor que se proponha a rever suas práticas pedagógicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ensinar, principalmente na sala de aula, não é uma tarefa simples, muito pelo contrário. Deve ser responsável e criteriosa porque nela está implícita questões de intermediação de relações humanas que vão muito além do contexto escolar e porque dela depende toda complexidade do processo educativo. Tamanha responsabilidade requer uma organização de práticas pedagógicas judiciosa, sensata, fundamentada, segundo perspectivas contextuais e conceituais que contemplem interações histórico-culturais diversificadas facilitando, assim, a mediação de conhecimentos científicos e possibilitando a apropriação dos mesmos pelos alunos. Sequências Didáticas organizadas segundo esta perspectiva podem fornecer importantes avanços no processo de ensino e aprendizagem (Guimarães e Giordan, 2013).

Até pouco tempo atrás era comum e até aceitável que nós, professores de Física, ensinássemos aos nossos alunos aquilo que aprendemos, e da forma como aprendemos. Hoje isso já não é mais viável, pois para a sociedade moderna educar não é só ensinar é, antes de tudo, formar indivíduos críticos, capazes de realizar escolhas conscientes e promover a transformação da realidade que nos cerca através do conhecimento. E como tornar possível essa nova demanda no processo de ensino e aprendizagem? A resposta não é simples. Mesmo com propostas inovadoras, resultado de diversas pesquisas na área do ensino de Ciências, o fato é que ainda existe uma grande distância entre essas propostas e as ações desenvolvidas em sala de aula por nós, professores. Mas certamente o primeiro passo para diminuir essa distância é que queiramos mudar; ato contínuo, devemos nos propor a conhecer alguns trabalhos relevantes em nossa área de interesse e usá-los a nosso favor. A palavra-chave é *reaprender*. E foi com o intuito de revisitar minha prática pedagógica e de proporcionar aos meus alunos um ambiente diferente daquele normalmente utilizado pela maioria dos professores que construí essa SD, resultado de uma leitura atenta sobre documentos oficiais que tratam do ensino de Física e de trabalhos que apresentam o ENCI e a HCEF como agentes facilitadores da aprendizagem. Como considero que o aprendizado depende, entre outros fatores, do interesse, da criatividade e da motivação de alunos e professores, elaborei atividades diversificadas que privilegiavam essas características e que pudessem proporcionar um ensino de Física contextualizado em sua história e que possibilitasse a compreensão dos fatos discutidos e o desenvolvimento crítico de cada aluno, sempre protagonista de seu

aprendizado. O resultado me surpreendeu; o compromisso, o entusiasmo, a participação e a colaboração dos alunos durante as atividades propostas mostraram que o modelo de aprendizagem sugerido proporcionou um novo olhar sobre as aulas de Física. Por várias vezes ouvi dos estudantes que as aulas estavam mais dinâmicas, mais interessantes e que dessa forma estava sendo prazeroso estudar Física. Também ouvi da coordenação pedagógica que as estratégias desenvolvidas eram motivadoras e incentivavam uma participação mais ativa de todos. Ponderei essas colocações e as considerei como evidências de que o trabalho foi bem recepcionado por todos os envolvidos no processo e atingiu seus objetivos.

É importante ressaltar que a tarefa de propor uma intervenção pedagógica diferenciada não é fácil, uma vez que requer uma mudança tanto na postura do professor como na postura do aluno, porém, o resultado pode ser recompensador. Mesmo com todas as dificuldades inerentes a arte do ensinar e aprender é gratificante saber que com um trabalho sério e comprometido podemos ser agentes transformadores de paradigmas educacionais e intervir em prol de uma educação de qualidade, onde a aprendizagem mecânica, detentora de conhecimentos isolados e sem nenhuma inter-relação, dê lugar a uma aprendizagem onde os novos conhecimentos possam ser reconhecidos e associados àqueles já existentes e que possam ser recombinaados para a aquisição de novos conhecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACZEL, A. D. **Bússola**: a invenção que mudou o mundo. tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. — Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação**: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33, 2004.

BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de atividades de investigação**: um estudo com professores de física e química do ensino básico. Universidade de Lisboa, 2010. Disponível em <http://hdl.handle.net/10451/1854> . Acesso em: 17 maio 2017.

BORTOLAI, M. M. S et all. **Análise de uma sequência didática para o Ensino Médio**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC), Águas de Lindóia, SP, novembro de 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio. Brasília: Ministério de Educação Média e Tecnológica, 1999.

_____. **Base Nacional Comum Curricular**. Versão 2018, Brasília: MEC, 2016.

_____. **PNLD 2018**: apresentação – guia de livros didáticos – ensino médio/ Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017.

_____. **Base Nacional Comum Curricular**. 2ª versão revista, Brasília: MEC, 2016.

_____. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais mais para o ensino médio +**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, 2002.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, vol. 3.** Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMT), Brasília, 1998.

CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de ciências por investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P et al. **Ensino de ciências:** unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira, 2004.

CARVALHO, C. **A história da indução eletromagnética contada em livros didáticos de Física.** Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CLEOPHAS, Maria das Graças. **Ensino por investigação:** concepções dos alunos de licenciatura em Ciências da Natureza acerca da importância de atividades investigativas em espaços não formais. Revista Linhas. Florianópolis, v. 17, n. 34, p. 266-298, maio/ago. 2016.

COSTA. J. R. **Uma proposta problematizadora para o ensino do eletromagnetismo sob uma perspectiva histórico experimental:** o telégrafo. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

COSTA. J. R; SILVEIRA, A. F. **Uma proposta para o ensino do eletromagnetismo sob uma perspectiva histórico-experimental.** 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, Florianópolis, SC, 2016.

FERRAZ NETTO, L. **Teoria Elementar do Magnetismo.** Disponível em: http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_T01. Acesso em 05/08/2018. Acesso em 14/11/2018.

FORATO, T. C. M; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. A. **Historiografia e natureza da Ciência na sala de aula.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FREIRE JUNIOR, O. A **relevância da filosofia e da história da ciência para o ensino de ciência**. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). **Epistemologia e ensino de ciências**. Salvador, Arcádia, p. 13 – 30, 2002.

GATTI, S. R. T; NARDI, R; SILVA, D. **História da Ciência no Ensino de Física**: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, V15(1), p. 7-59, 2010.

GEBARA, M. J. F. **O Ensino e a Aprendizagem de Física**: Contribuições da História da Ciência e do Movimento das Concepções Alternativas. Um estudo de caso. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, SP, 2015.

GUIMARÃES, Y. A. F; GIORDAN, M. **Instrumentos para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores**. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e I Congresso Iberoamericano de Educação em Ciências, Campinas, SP, 2012.

GUIMARÃES, Y. A. F; GIORDAN, M. **Elementos para Validação de Sequências Didáticas**. IX ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia, SP, novembro de 2013.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**, volume 3: eletromagnetismo, tradução: Ronaldo Sérgio de Biasi. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LATOSINSKI, E. S. **Uma proposta inovadora para o ensino de temas estruturantes de física a partir de conceitos de eletrodinâmica**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

LIMA, M.E.C.C.; MAUÉS, E; **Uma releitura do papel da professora das séries iniciais no desenvolvimento e aprendizagem de ciências das crianças**. *Revista Ensaio*. Vol 8. n.2. 2006.

LOPES, R. R. S. **Conceitos de Eletricidade e Suas Aplicações Tecnológicas: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

MARTINS, M. R; BUFFON, A. D. **A História da Ciência no currículo de Física do Ensino Médio**. ACTIO: Docência em Ciências, v. 2, n. 1, p. 420-437, jan./jul. 2017 Disponível em <https://periodicos.utfpr.edu.br/view>. Acesso em 14/09/2019.

MARTINS, R. A. **Introdução: a história das ciências e seus usos na educação**. In SILVA, C.C. (Org). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 17-25, 2006.

MARTINS, R. A. **Sobre o papel da história da ciência no ensino**. Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência, n 9 p.3-5, 1990.

MARTINS, R. A. **Oersted e a descoberta do eletromagnetismo**. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, v. 10, p.89-114, 1986.

MATTHEWS, M.R. **História e Filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. - **Curso de Física** - Vol. 3 - 5a. edição. Ed. Scipione, São Paulo, 1999.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. de C. **Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo?** Revista Ensaio, v. 09, n. 01, 2007.

NASCIMENTO, F. D.; FERNAMDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. D. **O ensino de ciência no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais**. Revista Histedbr on-line, 225-249, disponível em <https://periodicos.sbu.unicamp.br>. Campinas, setembro 2010. Acesso em 18/11/2017.

NEVES, M. C. D. **A História da Ciência no Ensino de Física**. Revista Ciência & Educação, 5(1), p. 73–81, 1998

Novak, Miguel A. **Um pouco de história: Introdução ao Magnetismo**. IF/UFRJ, 1999. Disponível em <http://www.cbpf.br/~labmag/miguel.pdf>. Acesso em 23/02/2019.

OLIVEIRA, C. M. A. de. **O que se fala se escreve nas aulas de Ciências?** In: CARVALHO, A.M.P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação:** condições para a implementação em sala de aula. São Paulo, Cengage Learning, p. 63-75, 2013.

OLIVEIRA, J. C. O; SOUZA, A. L. **Breve esboço sobre história da ciência e tecnologia da eletricidade e do magnetismo até fins do século XIX.** Disponível em <http://www.dee.ufrj.br/lanteg/abmuseu/tutorial/tutohistele.html>. Acesso em 17/03/2018.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa.** Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PAULA, R. C. O. **O Uso de Experimentos Históricos no Ensino de Física:** Integrando as Dimensões Histórica e Empírica da Ciência na Sala de Aula. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, DF, 2006.

PESSOA JÚNIOR, O. **Modelo causal dos primórdios da ciência do magnetismo.** Scientiae Studia, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 195-212, 2010.

PINTO, J. A. F; SILVA, A. P. B; FERREIRA, E. J. B. **Laboratório desafiador e história da ciência:** um relato de experiência com o experimento de Oersted. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 176-196, abr. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IPATINGA, SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO, CENTRO DE FORMAÇÃO PEDAGÓGICA - CENFOP. **O ensino de ciências por investigação,** 2011. Disponível em: <https://cenfopciencias.files.wordpress.com/2011/07/apostila-ensino-por-investigac3a7c3a3o.pdf> . Acesso em: 04 junho 2017.

QUINTAL, J. R. **Física na História:** um caminho em direção à aprendizagem significativa. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro, RJ, 2008.

RAMALHO, F. J; SOARES, P. A. T; FERRARO, N. G. **Os fundamentos da Física.** Volume 3, 10 ed. Editora Moderna, São Paulo, 2009.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. **O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica.** Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/atas/resumos/T0141-1.pdf>. Acesso em: 10 junho 2017.

RODRIGUES, E. J. et al. **Implicações Didáticas de História da Ciência no Ensino de Física:** uma revisão de literatura através da análise textual discursiva. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 769-808, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/21757941.2015v32n3p769/30636>. Acesso em 29/04/2018.

SAAD, F. D. et al. **O Cotidiano da Física.** Leituras e Atividades. V. 3 (eletricidade). Ed. Livraria da Física, 1ª edição, Rio de Janeiro, 2014.

SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. N. **Análise de uma sequência didática para o ensino de evolução sob uma perspectiva sócio-histórica.** VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, SC, 2009.

SILVA, O. H. M. **Um Estudo sobre a Estruturação e Aplicação de uma Estratégia de Ensino de Física Inspirada em Lakatos com a Reconstrução Racional Didática para Auxiliar a Preparar os Estudantes para Debates Racionais entre Teorias e/ou Concepções Rivalis.** Dissertação (Doutor em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências da Universidade de Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, SP, 2008.

SILVA, J. **Algumas considerações sobre ensino e aprendizagem na disciplina Laboratório de Eletromagnetismo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, p. 471-476, 2002.

TONIDANDEL, D. A. V; ARAÚJO, A. E. A; BOAVENTURA, W. C. **História da Eletricidade e do Magnetismo: da Antiguidade à Idade Média.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 4, 2018.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas no Ensino de Ciências:** aspectos históricos e diferentes abordagens. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.13, n. 3, p. 67- 80, set. /dez. 2011.

APÊNDICE A – Sequência Didática

1. TÍTULO

Uma abordagem qualitativa e histórico-investigativa sobre o Eletromagnetismo

2. CONTEÚDOS

- 2. 1 – Campo Magnético – de Tales de Mileto a Hans Christian Oersted: uma breve história do magnetismo;
- 2. 2 – O marco histórico do eletromagnetismo: a experiência de Oersted;
- 2. 3 – Indução Eletromagnética – o eletromagnetismo no período pós-Oersted;

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos gerais

- 3. 1. 1 – Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época;
- 3. 1. 2 – Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas;
- 3. 1. 3 – Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades;
- 3. 1. 4 – Estimular a curiosidade dos alunos lançando mão de ferramentas didáticas variadas.
- 3. 1. 5 – Mostrar que a Física não se restringe a um mero conjunto de fórmulas matemáticas;

3.2 Objetivos específicos

- 3. 2. 1 – Conhecer a história do magnetismo e a sua contribuição para o surgimento do eletromagnetismo;

- 3. 2. 2 – Reconhecer o campo magnético como agente responsável por determinados fenômenos naturais;
- 3. 2. 3 – Realizar o experimento de Oersted;
- 3. 2. 4 – Analisar o contexto histórico, político e social à época da descoberta do eletromagnetismo;
- 3. 2. 5 – Compreender as relações entre eletricidade e magnetismo;

4. PÚBLICO ALVO

Alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular de Vila Velha que durante os três primeiros bimestres do ano estudaram eletrostática e eletrodinâmica.

5. DURAÇÃO

07 aulas de 100 minutos;

6. DINÂMICAS

Atividades em grupos, leitura e discussão de textos, realização de experimentos, utilização de simulações computacionais e exibição de vídeos.

7. PROBLEMATIZAÇÃO

O problema que introduz o aluno no conceito apresentado não pode ser uma questão qualquer; deve oferecer condições para que ele reflita a partir das variáveis que são relevantes no fenômeno estudado, deve despertar a sua curiosidade, ter relação com a sua realidade, confrontar os seus conhecimentos prévios, desencadear debates e discussões e, sempre que possível, propiciar o desenvolvimento da argumentação. É importante que as atividades propostas compreendam pelo menos três momentos distintos: a resolução do problema proposto, a sistematização dos conhecimentos adquiridos e, por fim, a contextualização desse conhecimento.

8. SUGESTÕES:

Após aplicar essa SD em três salas de aula pude concluir que nem sempre as coisas acontecem como se espera. Assim, me senti à vontade para fazer algumas sugestões que podem ser úteis aos professores e aprimorar o processo de ensino e aprendizagem dos temas tratados.

9. JUSTIFICATIVA

Dois elementos importantes foram utilizados como fundamento para justificar essa SD. O primeiro deles está associado às dificuldades enfrentadas pelos estudantes no processo de ensino e aprendizagem do Eletromagnetismo. Considerada extremamente difícil pela maioria dos alunos por exigir conhecimentos matemáticos, raciocínios elaborados e alta capacidade interpretativa, faz-se necessário a utilização de práticas pedagógicas diferenciadas que sejam capazes de motivá-los. Vale lembrar que a motivação para a aprendizagem pode trazer mudanças comportamentais e atitudinais em relação aos estudos. Outro aspecto que contribui para a justificativa dessa SD está relacionado às diretrizes curriculares contidas nos documentos oficiais que orientam as políticas e práticas educacionais. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, os PCN + (BRASIL, 2002) e a Base Nacional Curricular Comum, BNCC (BRASIL, 2016) estão repletos de trechos que revelam a importância de se inserir atividades investigativas e a história da ciência no ensino de Física.

10. AVALIAÇÃO

Nessa SD não há propostas de avaliações quantitativas; a preocupação recaiu sobre uma avaliação qualitativa da metodologia utilizada. Se ela favorece a interação entre os alunos durante as execuções das atividades, se as metodologias utilizadas são capazes de instigar a curiosidade e a reflexão dos alunos, se a forma como são desenvolvidas é capaz de gerar o interesse dos alunos pela Física, se os alunos veem a investigação e a História da Ciência como ferramentas capazes de motivá-los na compreensão dos fenômenos físicos, etc. Essa proposta exige que o professor esteja atento ao desenvolvimento de atitudes frente às atividades que serão desenvolvidas: a participação e a desenvoltura dos alunos nos experimentos, nas discussões, nas resoluções de exercícios e a capacidade dos mesmos na elaboração de hipóteses podem sinalizar para uma prática pedagógica instigante e atraente. Os alunos podem fazer um auto avaliação do seu aprendizado através de uma lista de exercícios de fixação com gabarito fornecida pelo professor ao final de cada aula para ser feita em casa (o professor pode usá-la como instrumento para uma avaliação quantitativa se achar necessário).

AULA 1

CONTEÚDO: Introdução ao estudo do Eletromagnetismo

OBJETIVOS: Introduzir os alunos no mundo do Eletromagnetismo

RECURSOS DIDÁTICOS MOTIVACIONAIS: Exibição de vídeo e aula dialogada.

PROBLEMATIZAÇÃO: Em que situações do cotidiano você percebe a presença do Eletromagnetismo?

DINÂMICA: Exibição do documentário “Entendendo o Eletromagnetismo” do Discovery Channel e posterior discussão sobre o vídeo.

DESENVOLVIMENTO: A função da primeira aula dessa SD foi somente colocar o aluno em contato com a ciência do Eletromagnetismo. Para isso lancei mão de um documentário do Discovery Channel no endereço https://www.youtube.com/watch?v=0k-9cXG5_jU porém, antes da exibição do vídeo, deixei claro o objetivo da aula, anotei no quadro o problema sugerido na problematização e aguardei alguns minutos para que todos respondessem no caderno o problema proposto. Esse mesmo exercício foi resolvido novamente ao final da aula para que os alunos pudessem comparar suas respostas, realizar um auto avaliação e verificar se houve aquisição de novos conhecimentos após a intervenção pedagógica. Após a exibição do vídeo iniciaram-se as discussões. Desencadeei esse processo perguntando aos alunos o que acharam de mais interessante no documentário e se mudaram algumas concepções previamente existentes a respeito dos temas abordados.

SUGESTÕES: Independente da forma como se iniciará as discussões vale lembrar que elas são ferramentas indispensáveis para a consolidação dos saberes adquiridos e, portanto, não podem ser relegadas a segundo plano. É fundamental que o professor saiba direcionar esse momento pedagógico para que os estudantes realmente tomem consciência da importância do Eletromagnetismo. É interessante que eles descubram que o magnetismo, junto com a eletricidade, constitui uma interação presente em todo o universo, das maiores galáxias ao interior das menores células humanas; que ele constitui a luz e aciona as reações químicas que fazem nosso corpo funcionar e está presente em toda concepção da vida; que não haveria a coesão entre as moléculas sem as forças elétricas, o que impediria a formação da matéria; que a vida na Terra seria inviável não fosse o magnetismo terrestre e muitos animais se perderiam em seus movimentos migratórios; que talvez o advento das grandes navegações se atrasasse alguns séculos não fosse a descoberta da bússola; que o eletromagnetismo é a base de

toda a tecnologia do mundo moderno e está presente em grande parte dos aparelhos eletrônicos de hoje em dia, de telefones celulares e fornos de micro-ondas a precisos diagnósticos na área de medicina. Vale lembrar que o professor deve ter a liberdade de encaminhar as discussões de acordo com seu juízo e deliberação, os direcionamentos mencionados são apenas sugestões.

AULA 2

CONTEÚDO: O campo magnético e suas manifestações

OBJETIVOS: reconhecer o campo magnético como uma grandeza vetorial responsável por determinados fenômenos naturais; identificar materiais que interagem com o campo magnético; identificar a bússola como instrumento de orientação geográfica que guarda laços estreitos com o magnetismo terrestre; mostrar a presença do magnetismo no funcionamento de dispositivos presentes em nosso dia a dia;

RECURSOS DIDÁTICOS MOTIVACIONAIS: Um kit contendo dois ímãs, um cartão de crédito e pedaços de ferro, níquel, alumínio, chumbo, bronze e madeira, um kit composto por uma chave de fenda e uma caixa de som, telefones celulares, computador, internet e material didático impresso.

PROBLEMATIZAÇÃO: Como o magnetismo se manifesta em nosso dia a dia?

DINÂMICA: Atividades em grupos, realização de experimentos, utilização de uma simulação computacional, exibição de um vídeo e leitura e discussão do texto dissertativo “*A bússola e as grandes navegações*” (apêndice B)

DESENVOLVIMENTO: Após elencar os objetivos da aula no quadro dividi a turma em cinco grupos de sete componentes e esperei que eles resolvessem a questão proposta na problematização (10 min foi suficiente); em seguida indiquei as atividades que cada equipe deveria fazer e os orientei para que direcionem as discussões ao encontro dos objetivos da aula (gastei estimados 5 min); ato contínuo os alunos realizaram as atividades propostas e discutiram entre si as questões referentes às tarefas executadas (apêndice B) – aproximadamente 20 min; em seguida os grupos expuseram para a turma suas ideias a respeito dos trabalhos realizados e procurei intervir o mínimo possível (estimados 35 min); logo após deixei de ser um mero intermediador e passei a interagir ativamente nas discussões conduzindo-as para que os alunos solidificassem os conhecimentos adquiridos e abandonassem concepções

alternativas que porventura pudessem ir de encontro às convicções científicas em voga. Por fim eles responderam pela segunda vez a questão proposta no início da aula e então entreguei uma lista de exercícios para ser feita em casa (apêndice H).

O grupo 1 recebeu o kit 1 contendo dois ímãs, um alicate, um cartão de crédito, um copo de alumínio, um clipe de aço, uma moeda de 50 centavos, uma régua de plástico e um fio de cobre desencapado; foi sugerido ao grupo testar as interações existentes entre os dois ímãs e entre um ímã e os materiais presentes no kit; O desafio do grupo foi explicar o porquê das interações magnéticas. Sugeri uma pesquisa sobre materiais ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos para complementar a discussão.

O grupo 2 recebeu um segundo kit contendo uma chave de fenda e uma caixa de som. O grupo foi impelido a desmontar a caixa de som para descobrir o que tinha em seu interior. O desafio do grupo foi explicar a presença de um ímã em forma de anel no alto-falante do equipamento. Pedi que pesquisassem outros equipamentos que apresentassem ímãs em seu interior.

O grupo 3 ficou encarregado de acessar o site https://phet.colorado.edu/pt_BR/search?q=campo+magnetico e brincar com a simulação *ímã e bússola*. Após identificar a Terra como fonte de campo magnético os componentes do grupo foram orientados a discutir sobre o comportamento da bússola na presença desse campo, sobre as causas do magnetismo terrestre e sobre a importância desse campo para a manutenção da vida no planeta. Na conclusão da aula falei sobre a inclinação do eixo magnético da Terra em relação ao seu eixo de rotação, detalhe que não aparece na simulação.

Ao grupo 4 coube o acesso a um site que trata do fenômeno das auroras polares: <https://www.youtube.com/watch?v=czMh3BnHFHQ>. A discussão girou em torno do reconhecimento do campo magnético terrestre como agente responsável por esses fenômenos naturais que ocorrem nas regiões polares da Terra e como esse espetáculo único de luzes e cores se forma.

O grupo 5 ficou responsável pela leitura do texto “*A bússola e as grandes navegações*” (apêndice B) que conta um pouco da história da bússola e de sua importância para o implemento do comércio entre os povos a partir do século XIII. Em seguida pedi que fizessem uma comparação entre as bússolas e seus sucessores.

SUGESTÕES: É importante que questão problematizadora seja respondida antes do início das atividades para que os alunos tenham condições de trazer seus conhecimentos prévios para a sala de aula. Também é importante que durante as

discussões fique claro que o campo magnético é uma grandeza vetorial e como tal deve ter módulo, direção e sentido (mencionar as linhas de campo do vetor campo magnético terrestre); deve-se também salientar que a força magnética obedece à terceira Lei de Newton (ação e reação): a força aplicada por um ímã sobre um corpo de material ferromagnético é de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto àquela que o corpo aplica sobre o ímã. Se o tempo permitir citar também os materiais ferromagnéticos (ferro, níquel e cobalto, bem como suas ligas) e comentar brevemente sobre os materiais paramagnéticos e diamagnéticos. Também pode ser legal comentar e dar exemplos de animais que se orientam pelo campo magnético terrestre.

AULA 3

CONTEÚDO: Campo Magnético: uma breve história do magnetismo.

OBJETIVOS: Conhecer a história do magnetismo e a sua contribuição para o surgimento do eletromagnetismo; identificar a Física como construção humana e em constante evolução; reconhecer a história da bússola e a sua importância para o progresso das civilizações e expansão econômica no século XVI, a chamada Era dos Descobrimentos e das Grandes Navegações.

RECURSOS DIDÁTICOS MOTIVACIONAIS: Fragmentos de textos retirados de trabalhos científicos que tratam do magnetismo em diversos momentos históricos.

PROBLEMATIZAÇÃO: De que forma o desenvolvimento do magnetismo contribuiu para o progresso da humanidade?

DINÂMICA: Sarau literário com fragmentos de textos retirados de livros e trabalhos científicos (apêndice C)

DESENVOLVIMENTO: Após elencar os objetivos da aula no quadro esperei que eles resolvessem a questão proposta na problematização. Comuniquei que para esse terceiro encontro convidei um professor de História e Filosofia para um momento pedagógico diferenciado, um sarau literário. Fomos todos para o pátio da escola e lá distribuí para todos os presentes textos previamente selecionados (apêndice C) que foram lidos em voz alta; para uma maior interação comentários, perguntas, reflexões e discussões foram encorajados por nós professores durante a leitura. As discussões giraram em torno dos objetivos da aula. Por fim, retornamos para a sala de aula onde

eles responderam pela segunda vez a atividade proposta na problematização. Entreguei uma lista de exercícios para ser feita em casa (apêndice H).

SUGESTÕES: Se possível convide um professor de Literatura, Língua Portuguesa ou qualquer outro que se proponha a participar desse momento. É provável que a participação de mais de um professor no sarau literário enriqueça-o bastante. Se não for possível usar um espaço alternativo na escola (biblioteca, pátio, quadra) é interessante organizar a sala de aula em círculo ou em U (isso dificulta a “invisibilidade” de alguns estudantes e favorece a inclusão de todos nas discussões). Com essa disposição os alunos podem ser orientados a grifar palavras desconhecidas e trechos ininteligíveis para decifrá-los depois; para o caso da mesa-redonda não se iniciar naturalmente, cada professor convidado pode escolher um trecho do material lido para desencadear o processo reflexivo. Um momento de descontração (no máximo 20min) pode ser providencial, uma vez que a grande maioria dos nossos alunos não está habituada a leituras mais longas. Uma sugestão pode ser uma parada para um lanche que os próprios alunos podem trazer (eles adoram isso).

AULA 4

CONTEÚDO: O eletromagnetismo: corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético.

OBJETIVOS: Reconhecer a corrente elétrica como fonte de campo magnético; Identificar os principais fatores que influenciam na intensidade do campo magnético gerado por um eletroímã;

RECURSOS DIDÁTICOS MOTIVACIONAIS: Um kit, o de nº 3, contendo dois pregos grandes, duas pilhas tipo D, fios de cobre e alguns clips e uma simulação computacional.

PROBLEMATIZAÇÃO: Um turista chegou em uma grande cidade e alugou um carro para chegar ao seu hotel que ficava na região norte da cidade. Utilizou uma bússola (sem nenhum defeito) para se orientar e, para sua surpresa, não conseguiu chegar ao seu destino. Como explicar esse fato?

DINÂMICA: Atividades em grupos, construção de um eletroímã e utilização de uma simulação computacional que mostra os efeitos da corrente elétrica sobre uma bússola

DESENVOLVIMENTO: Para o desenvolvimento da aula cada grupo trouxe de casa o material necessário para a construção de um eletroímã (apêndice D). Porém, antes de iniciarmos as atividades programadas segui os passos do 2º encontro: escrevi na lousa a problematização e os objetivos da aula, dividi a turma em cinco grupos de sete componentes e esperei que eles resolvessem a questão proposta no quadro. Em seguida indiquei as atividades que as equipes deveriam fazer e os orientei sobre o trabalho que deveriam realizar (construção do eletroímã). Avisei que deveriam anotar suas observações, pois seriam de extrema importância para as nossas conclusões.; uma questão importante que precisava discutir com eles é se a intensidade do campo magnético criado pelo eletroímã depende ou não da corrente e do número de voltas da bobina. Para isso pedi que fizessem bobinas com aproximadamente 50, 100, 150, 200 e 250 voltas. Depois pedi que ligassem as bobinas a uma pilha e em seguida a duas pilhas associadas em série. Também pedi que verificassem qual eletroímã atraía mais cliques. Após testar a funcionalidade dos eletroímãs, reconhecê-los como fontes de campo magnético e identificar fatores relevantes na intensidade desse campo os grupos acessaram o portal https://phet.colorado.edu/pt_BR/search?q=campo+magnetico, entraram na simulação *ímãs e eletroímãs* e brincaram um pouco. Sempre com o medidor de campo marcado várias simulações foram feitas, movendo-se o eletroímã, a bússola, modificando a fonte de corrente e mudando o número de espiras. O objetivo da simulação foi corroborar as conclusões obtidas anteriormente com o eletroímã sobre a influência do número de espiras e do valor da corrente elétrica na intensidade do campo magnético. Em seguida os grupos compartilharam suas anotações expondo suas ideias sobre os trabalhos realizados. Finalizei as discussões unificando as informações trocadas para que elas pudessem convergir para os objetivos da aula. Os últimos 10 min foram reservados para que os grupos respondessem novamente o questionamento inicial e o comparasse com o que foi escrito anteriormente. Fechei o encontro entregando a lista de exercícios para casa (apêndice H).

SUGESTÕES: Se o professor tiver solenoides em casa é interessante levá-los pois nem sempre o que os meninos fazem funcionam a contento. São várias as possibilidades de simulação no simulador; o professor deve escolher as que mais lhe convierem.

AULA 5

CONTEÚDO: Eletromagnetismo: o experimento de Oersted

OBJETIVOS: Reproduzir a o experimento histórico de Oersted; Promover uma abordagem conceitual, epistemológica e contextual do experimento de Oersted;

RECURSOS DIDÁTICOS MOTIVACIONAIS: O kit número 4 contendo uma bússola, uma bateria de 9V, uma espira retangular e fios de cobre e um texto histórico.

PROBLEMATIZAÇÃO: Quando uma bússola é colocada paralelamente a um fio percorrido por corrente elétrica percebe-se uma mudança significativa em sua direção. O mesmo não acontece se a bússola for colocada perpendicularmente ao fio. Como explicar essa diferença de comportamento da bússola?

DINÂMICA: Atividades em grupos, reprodução do experimento histórico de Oersted e leitura e discussão de um texto histórico.

DESENVOLVIMENTO: Como nas aulas anteriores escrevi na lousa a problematização e o objetivo da aula e esperei que os grupos (usei os mesmos das aulas anteriores) resolvessem a questão proposta. Em seguida indiquei as atividades que as equipes iriam executar e os orientei sobre como realizar o trabalho proposto. Também pedi que anotassem tudo que observassem. Para o desenvolvimento da aula os grupos 1, 2 e 3 receberam o kit número 4 para a confecção do experimento de Oersted (apêndice E) e os grupos 4 e 5 receberam uma cópia impressa de um texto histórico para leitura e posterior discussão (apêndice E). Concluindo seus trabalhos eles foram orientados a fazer um revezamento das atividades propostas, isto é, os grupos 1, 2 e 3 passaram a ler o texto enquanto os grupos 4 e 5 ficaram encarregados de realizar o experimento. Finalizado o revezamento os grupos compartilharam suas anotações e expuseram suas ideias sobre os trabalhos realizados. Em seguida responderam um questionário (apêndice E) e, por fim, refizeram o problema proposto no início da aula. Como de praxe entreguei a lista de exercícios para ser feita em casa (apêndice H).

SUGESTÕES: É importante falar sobre o sentido do vetor campo magnético gerado por correntes em fios (regra da mão direita envolvente) e tecer um rápido comentário sobre espiras e solenoides. Ressaltar o fato de que, antes da experiência de Oersted, a comunidade científica supunha que os fenômenos magnéticos e elétricos não tinham relação entre si.

AULA 6

CONTEÚDO: Eletromagnetismo: a indução eletromagnética

OBJETIVOS: Identificar o campo magnético como fonte de corrente elétrica; Reconhecer o funcionamento das usinas hidrelétricas como consequência do fenômeno da indução eletromagnética; Compreender que nem sempre o campo magnético é capaz de produzir corrente elétrica;

RECURSOS DIDÁTICOS MOTIVACIONAIS: vídeos, texto histórico, simulação computacional, internet, tablet (pode ser o celular) e aula expositiva.

PROBLEMATIZAÇÃO: Como gerar eletricidade a partir do magnetismo?

DINÂMICA: Exibição de dois vídeos pelo professor, simulação computacional feita pelos alunos e leitura e discussão de um texto informativo.

DESENVOLVIMENTO: Como de praxe escrevi os objetivos da aula, a problematização e aguardei que a respondessem; em seguida exibi o vídeo que se encontra no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=Rba9EdXO368> e ouvi a opinião dos alunos a respeito do experimento. No site https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator usei uma simulação para ajudar na compreensão do fenômeno da indução eletromagnética. Indiquei aos alunos a aba que deveria ser selecionada (sugeri solenoide, mas a aba que representa o gerador também é interessante) e pedi que manipulassem o ímã. Solicitei que observassem a lâmpada e anotassem o que estavam percebendo. Em seguida sugeri que trocassem a lâmpada pelo amperímetro e novamente anotassem o que estavam observando. Pedi também que manipulassem a área do circuito e o número de espiras. Por fim sugeri que clicassem na aba transformador e trocassem as fontes de tensão elétrica, o número de espiras e a lâmpada pelo medidor elétrico. Discutimos as anotações feitas e tiramos nossas conclusões a contento.

Em seguida assistimos a um vídeo que fala sobre usinas hidrelétricas no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=3xshEp2AIBY>. A leitura e discussão do texto “Como funcionam as usinas hidrelétricas” (apêndice F) complementou o vídeo assistido e unificou os conceitos de indução eletromagnética e geração de energia elétrica. Esperei que os alunos respondessem novamente à questão proposta e entreguei junto com a lista de exercícios para ser resolvida em casa (apêndice H) o texto “Uma breve história da indução eletromagnética” (apêndice G) para ser discutido na aula seguinte.

SUGESTÕES: Reforçar que o funcionamento dos transformadores é baseado na indução eletromagnética e salientar que, sem variação do fluxo magnético (sugiro apenas um breve comentário sobre essa grandeza), não haverá força eletromotriz induzida e, por consequência, não haverá corrente elétrica induzida.

É importante ressaltar a obtenção de energia elétrica nas centrais elétricas por meio da variação do fluxo magnético pela rotação das turbinas e geradores e enfatizar a importância da descoberta do fenômeno da indução eletromagnética para essa obtenção.

AULA 7

CONTEÚDO: Indução eletromagnética: um pouco de história

OBJETIVOS: Conhecer a história da indução eletromagnética e a sua contribuição para o progresso da humanidade; Diferenciar corrente contínua de corrente alternada; Caracterizar a matriz energética brasileira;

RECURSOS DIDÁTICOS MOTIVACIONAIS: vídeo, texto histórico e aula expositiva

PROBLEMATIZAÇÃO: Na transmissão de energia elétrica das usinas para os grandes centros consumidores a corrente contínua se mostrou mais eficaz. Você concorda com essa afirmativa? Justifique sua resposta.

DINÂMICA: Exibição do documentário “Batalha de Genius – Edson x Tesla” .

DESENVOLVIMENTO: Elenquei os objetivos da aula, escrevi a problematização e aguardei a resposta. Em seguida demos início à discussão de questões pertinentes ao texto “uma breve história da indução eletromagnética”, presente no anexo G; procurei dar prioridade a aspectos da vida de Faraday e ao seu experimento de 1831. Terminada a discussão dei início à exibição de um documentário da National Geographic intitulado “Batalha de Genius – Edson x Tesla” encontrado no site <https://www.youtube.com/watch?v=voLSvHfU8g> retratando a disputa protagonizada por Nikola Tesla e Thomas Edson no final do século XIX pela preferência do uso da corrente contínua ou alternada na distribuição de energia elétrica. O passo seguinte foi um debate com a turma para que todos opinassem sobre o episódio retratado no vídeo. Como de praxe os alunos responderam novamente à e finalizei nosso encontro entregando a lista de exercícios para casa (apêndice H).

SUGESTÕES: Pode-se sugerir aos alunos que façam em casa uma pesquisa sobre a matriz energética brasileira.

APÊNDICE B – Atividades referentes à aula 2

Texto: A bússola e as grandes navegações

A parte final do século XIII marcou um novo começo na história do mundo. Se o século XX foi a era da revolução da informação e o século XVIII foi o início da revolução industrial, o final do século XIII poderia ser propriamente denominado o início da revolução comercial. Em poucas décadas, a partir de 1280, o mundo viu um crescimento extraordinário do comércio e, com ele, maior prosperidade para potências marítimas como Veneza, Espanha e Grã-Bretanha. Uma única invenção, a bússola magnética, tornou isso possível. A bússola foi o primeiro instrumento a permitir a navegadores no mar, em terra e, muito mais tarde no ar, determinar sua direção de modo rápido e preciso a qualquer hora do dia ou da noite e sob praticamente quaisquer condições. Isso permitiu que mercadorias fossem transportadas de maneira eficiente e confiável através dos mares e abriu o mundo para a exploração marítima. A Terra nunca mais poderia ser vista da mesma maneira.

A bússola foi a mais importante invenção tecnológica desde a roda. Foi inventada durante a Antiguidade na China, onde não serviu de imediato para aperfeiçoar a navegação. Depois que a ideia da bússola magnética se tornou amplamente conhecida, no fim do século XII, o terreno estava preparado para que essa invenção fosse utilizada na navegação, onde poderia produzir grandes benefícios. As potências marítimas europeias foram capazes de pôr a bússola em uso e aperfeiçoá-la o bastante para que pudesse ser empregada com eficiência na navegação. A revolução tecnológica conduziu também aos mapas e postulados, e com esses desenvolvimentos vieram navios grandes, viagens frequentes e o resultante aumento da prosperidade.

O estágio seguinte do desenvolvimento mundial veio com a Era das Grandes Navegações, quando Colombo, Vasco da Gama, Magalhães e outros navegadores espanhóis e portugueses conquistaram os oceanos e abriram novas rotas comerciais para lugares antes inacessíveis.

Hoje, setecentos anos após a emergência da bússola com um quadrante indicando direções, e um milênio ou mais desde a invenção da forma

mais simples com agulha, toda embarcação transporta uma bússola magnética pelo menos como reserva para seus instrumentos eletrônicos.

As origens da bússola estão envoltas em mistério. Ou melhor, a história da bússola é uma série de mistérios que, até o momento, não foram satisfatoriamente contemplados. A lenda da invenção da bússola magnética abarca toda a amplitude da civilização humana. Geograficamente, a história atravessa o mundo, da China ao Mediterrâneo, envolvendo a Escandinávia, a Arábia, a África e o Novo Mundo. Como história, abrange eventos que tiveram lugar nos tempos antigos, na era medieval e prosseguiram até nosso próprio tempo.

A história da bússola é uma grande saga da engenhosidade humana. É uma história de invenção, inovação, oportunidade e capitalismo. É um relato de como uma civilização fez uma invenção importante e de como uma outra, do lado oposto do mundo, a pôs em uso, promovendo o comércio e gerando riqueza. A história da bússola é a história da civilização humana e de sua capacidade de florescer e prosperar mediante a invenção e a oportunidade, desenvolvendo uma tecnologia e explorando seu potencial.

A história da bússola magnética demonstra que a invenção certa no momento certo pode mudar o mundo. Uma grande invenção pode ficar esquecida ou ser usada para fins secundários por um longuíssimo tempo e então, de repente, ser descoberta pelas pessoas certas – gente com visão e espírito empreendedor – e ser aproveitada ao máximo. Quando isso acontece, essas invenções podem mudar o modo como vivemos.

Adaptado de: Bússola: a invenção que mudou o mundo/Amir D. Aczel: tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. — Rio de Janeiro: Zahar, 2002

Reflexões sobre as atividades propostas

Olá galera!

Após a realização das atividades propostas é importante refletirmos sobre alguns pontos que devem ser abordados durante as discussões, por isso elaborei algumas questões para nortear esse momento de construção do conhecimento.

Grupo 1

- 1 – Por que alguns materiais são atraídos pelo ímã e outros não?
- 2 – Um objeto pode se tornar um ímã?
- 3 – Como a posição do objeto em relação ao ímã interfere na interação entre eles?
- 4 – Os polos de um ímã podem ser separados? Justifique a sua resposta, experimentalmente, usando os materiais presentes no kit 1.

Grupo 2

- 1 – Qual a função do ímã encontrado no interior do alto-falante?
- 2 – Comente sobre a presença do magnetismo em nosso cotidiano.

Grupo 3

- 1 – Explique o funcionamento de uma bússola?
- 2 – Por que a agulha da bússola muda de direção se houver um movimento relativo entre ela e o ímã?
- 3 – A bússola tem sempre a mesma inclinação nas proximidades da Terra? Como justificar sua resposta?
- 4 – Durante muito tempo o campo magnético terrestre foi creditado à presença de materiais ferromagnéticos em seu núcleo, porém uma descoberta importante derrubou essa teoria. Que descoberta foi essa? Atualmente qual a explicação aceita para a origem do campo magnético gerado pela Terra?

Grupo 4

- 1 – Como o campo magnético terrestre contribui para a formação das auroras polares?
- 2 – Como surgem as cores que enfeitam o céu durante o fenômeno das auroras polares?

Grupo 5

- 1 – Como os navegantes se orientavam antes da invenção da bússola?
- 2 – Por que o desenvolvimento da bússola foi considerado um passo decisivo para o progresso da humanidade?
- 3 – A história da bússola mostra que grandes descobertas podem demorar séculos até que sejam efetivamente utilizadas em prol do bem social. Como se justifica essa assertiva?

4 – Na era do GPS ainda faz sentido o uso de bússolas manuais?

5 – Como funcionam as bússolas virtuais presentes em grande parte dos smartphones modernos?

APÊNDICE C – Atividades da aula 3

Texto 1: A pedra ímã

Leitor 1 – O primeiro passo para o desenvolvimento do campo do magnetismo foi a descoberta da pedra-ímã e a exploração do chamado efeito pedra-ímã, ou seja, a atração que minérios de pedra-ímã exercem sobre pedaços de ferro e de alguns minérios de ferro. O efeito é conhecido desde os primórdios das civilizações mesoamericanas, egípcia, egeia e chinesa. Autores gregos citam os estudos de Tales de Mileto (c. 570 a.C.), que associava o efeito da pedra-ímã à ação da alma, e de Empédocles que explicava o efeito a partir do princípio do amor (que junto com o ódio regeriam o cosmo). Explicações semelhantes foram oferecidas posteriormente, em torno de 200 d.C., por Alexandre de Afrodísias e por Galeno, para quem o ferro obteria nutrição da pedra-ímã, havendo, pois, um tipo de força vital que atrairia o ferro ao ímã.

Leitor 2 – Demócrito de Abdera (c. 420 a.C.) escreveu um tratado intitulado *Sobre o Magneto*, que não chegou até nós, mas foi comentado por Alexandre de Afrodísias. A explicação atomista para o magnetismo aparece também em 60 a.C. no famoso poema de Lucrécio, *Da Natureza*. Para a atração de pedaços de ferro por uma pedra-ímã, Lucrécio sugeriu um mecanismo envolvendo a emissão de minúsculas “sementes” do ímã, que criariam um vácuo na face anterior da amostra de ferro, resultando em uma pressão que atrairia o ferro para o ímã; o que explicaria também por que o ferro é repelido pelo ímã após o contato (fenômeno da repulsão magnética). Lucrécio mencionou a suspensão de uma série de anéis de ferro por uma pedra-ímã, exemplificando o fenômeno da indução magnética no ferro, ou seja, sua capacidade de ficar temporariamente imantado após contato com um ímã.

Leitor 3 – Relatos sobre o efeito da pedra-ímã na China remontam pelo menos ao ano 220 a.C., com Pu Wei; cem anos depois, já se tinha observado a atração entre ferro e ímã. Assim, por volta dessa época, o conhecimento sobre o magnetismo na China estava no mesmo estágio que na Europa, com a diferença talvez que, na Grécia, em Alexandria e em Roma, havia um debate mais intenso a respeito de como explicar o fenômeno, ao passo que na China dominava a explicação baseada no movimento do chhi (semelhante ao pneuma dos estoicos) entre a “pedra do amor” e o ferro.

Leitor 4 – O efeito da pedra-ímã também era conhecido na América Central, como é demonstrado por esculturas em pedra magnetizada encontradas na região de Soconusco, na costa do Pacífico no sul do México e oeste da Guatemala. Dentre tais esculturas, destacam-se a cabeça de uma tartaruga em Izapa, com volume em torno de 1 m³, cujo focinho localiza-se exatamente no polo norte do magneto. Outra série de esculturas, conhecida como *Fat boys*, também indica o conhecimento dos polos magnéticos da pedra-ímã esculpida. Tais esculturas têm sido datadas de 1200 a 500 a.C., e atribuídas a povos do período formativo da cultura maia. É possível que a orientação magnética das pedras ficasse evidente a partir da atração exercida sobre a limalha da pedra-ímã esculpida.

Adaptado de: Modelo causal dos primórdios da ciência do magnetismo/ Osvaldo Pessoa Júnior – São Paulo, 2010

Texto 2: A propriedade diretiva da pedra-ímã

Leitor 5 – A evolução de um campo científico pode ser comparada ao desenvolvimento de um organismo dentro de um ambiente particular. Típico de processos de desenvolvimento é a existência de um grande número de elementos em interação e a presença ocasional de *gargalos*: um novo estágio de desenvolvimento só pode surgir após alguns elementos terem atingido algum grau de amadurecimento. A ciência do magnetismo, na Europa, não conseguiu ultrapassar o gargalo da descoberta da propriedade diretiva da pedra-ímã, ou seja, sua capacidade de orientar-se em relação ao meridiano que liga o norte e o sul, como fazem as bússolas magnéticas. Essa propriedade só viria a ser conhecida na Europa no século XII, um milênio depois da existência de sua documentação na China. Um relato da propriedade diretiva da pedra-ímã foi dado por Liu An, em 120 a.C., que descreveu uma agulha de pedra-ímã flutuando na água e, em 83 d.C., Wang Chhung descreveu uma rudimentar bússola magnética usada para adivinhação. O que se seguiu após esse avanço, ao longo dos séculos seguintes, foi um segundo estágio de desenvolvimento da ciência do magnetismo, que culminou com a bússola náutica.

Leitor 6 – Por que a propriedade diretiva do ímã foi descoberta e transmitida na China, mas não na Europa? Uma das causas foi a existência, na China, de práticas de adivinhação que forneceram um ambiente propício para que a descoberta ocorresse. Algumas peças usadas com esse objetivo eram feitas de pedra-ímã; uma delas,

parecendo uma colher de sopa, tendia sempre a apontar o seu cabo para o sul quando girada. Foi esse artefato de magia que constituiu a primeira bússola chinesa, descrita por Wang Chhung em 83 d. Vemos, assim, um exemplo de como, na Antiguidade, a ciência estava intimamente entrelaçada com outros aspectos da cultura.

Há evidências de que a propriedade diretiva da pedra-ímã era conhecida anteriormente na América Central. Tal afirmação baseia-se principalmente na descoberta de uma pequena barra cuidadosamente polida de hematita magnética em San Lorenzo, no atual estado de Veracruz, ao sul do México, datada do período formativo da cultura olmeca, entre 1400 e 1000 a.C. É possível que os olmecas colocassem a barra flutuando em mercúrio, pois sabe-se que povos mesoamericanos extraíam mercúrio líquido a partir do aquecimento de cinábrio (HgS). Dessa maneira, a barra poderia ser usada como uma bússola. Outra evidência do conhecimento da propriedade diretiva pelos povos mesoamericanos é o alinhamento sistemático de suas edificações em uma direção apontando para em torno de 10° para leste do sentido norte geográfico. Isso poderia ser explicado levando-se em consideração que o norte magnético varia com o passar do tempo.

Adaptado de: Modelo causal dos primórdios da ciência do magnetismo/ Osvaldo Pessoa Júnior – São Paulo, 2010

Texto 3: Magnetismo: um pouco de história

Leitor 7 – No desenvolvimento da humanidade é possível perceber através dos tempos que o homem sempre procurou criar modelos para explicar os fenômenos que ocorrem na natureza. Com o conhecimento da história percebe-se a mudança contínua das diferentes visões que tentam criar esses modelos. Ao longo dos séculos, imagens antigas vão sendo modificadas à medida que novos problemas surgem. A evolução história do estudo do magnetismo mostra que há registros desses fenômenos antes mesmo do nascimento de Jesus Cristo. Ao descrever os principais eventos de forma cronológica, desde a antiguidade até o início do século XVII, três deles se destacam.

Os primeiros estudos realizados nessa área foram feitos no **século VI a.C. por Tales de Mileto**, filósofo grego que observou a capacidade de algumas pedrinhas, que hoje são chamadas de magnetita, de atraírem umas às outras e também ao ferro. As explicações que os gregos antigos davam para a atração magnética tinham um caráter animista (teoria que atribui às coisas sentimentos,

humores e até mesmo uma alma, como se fossem seres vivos). Segundo eles a magnetita tinha uma “alma” que encantava o ferro. Essas explicações permaneceram válidas durante vários séculos, porém, o estudo da história mostra que as antigas visões são modificadas ao longo do tempo e novas hipóteses vão sendo criadas.

Leitor 8 – O século XIII merece destaque no desenvolvimento do magnetismo. Estudos experimentais esclareceram vários aspectos que ainda não haviam sido estudados. Há um documento fundamental que apresenta esse avanço, que é a carta de **Petrus Peregrinus** sobre o magneto, **datada de 1269**. É a obra mais antiga que conhecemos e nela aparece claramente a ideia de que as pedras magnéticas possuem dois pontos opostos, onde seu poder de atração é mais forte, e que são qualitativamente diferentes um do outro. São explicadas técnicas experimentais para a localização dos polos de uma pedra magnética e sua identificação (polo norte e polo sul), bem como é explicada a atração entre polos opostos e repulsão entre polos do mesmo tipo. O tratado de Petrus Peregrinus é bastante sofisticado, envolvendo a produção de pedras magnéticas redondas para o estudo de suas propriedades, sem que estas sejam influenciadas por irregularidades do formato da pedra. Mostra como agulhas de aço podem ser magnetizadas tocando um ímã natural e analisa sua polaridade, estudando sua orientação quando são presas a um pedaço leve de madeira e colocadas para flutuar na água. Estuda o que acontece quando uma pedra magnética é quebrada, mostrando o surgimento de novos polos magnéticos na região da ruptura e indicando que esses polos desaparecem quando a pedra é reconstituída e colada. É a inseparabilidade dos polos magnéticos.

Leitor 9 – A segunda metade do século XVI marcou os trabalhos do físico e médico inglês **Willian Gilbert**. A posição de médico oficial da rainha Elizabeth I fez com que ele passasse a ocupar uma posição de grande prestígio junto ao sistema absolutista, uma vez que o reinado de Elizabeth I foi o exemplo máximo da monarquia absolutista inglesa, período marcado pelo crescente poder monárquico e pelo início da colonização inglesa na América do Norte. Vivendo na época das grandes navegações marítimas, Gilbert defendeu que a hegemonia inglesa dependia diretamente do domínio das técnicas de navegação e da metalurgia. E foi sob a influência desse momento histórico, de crescimento da riqueza inglesa e da intelectualidade humanista que ele desenvolveu seus trabalhos, pesquisas e experimentos. Assim, em 1600, publicou *De Magnete*, um livro que é considerado um marco na história da ciência e que versava sobre teorias e experiências elétricas e magnéticas.

Em *De magnete*, Gilbert definiu propriedades importantes do magnetismo. Por exemplo, ele foi o primeiro a chamar de polos as extremidades da agulha de uma bússola. E também verificou que o ímã não precisava de atrito para que sua propriedade magnética fosse evidenciada e observou que certos tipos de materiais não eram atraídos por ímã, mas apenas por corpos eletrizados. Essas conclusões o levaram a defender (erroneamente, veremos mais tarde) que fenômenos elétricos e magnéticos não tinham relações entre si e possuíam naturezas distintas.

Leitor 10 – Contrário aos escritores da época, que segundo Willian tratavam o assunto esotericamente, um achado miraculoso, inexplicável e místico, ele propôs em seu livro uma abordagem do estudo de fenômenos elétricos e magnéticos, através de experimentos.

Apoiado por observações dos navegadores que orientavam suas rotas pela bússola ele concluiu que se a Terra orientava uma agulha magnética ela poderia ser comparada a um grande ímã na qual um polo magnético estaria localizado no Norte geográfico e o outro no Sul. Para provar tal suposição, ele construiu uma pedra-ímã esférica chamada terrella, com a qual observou a ocorrência de desvios na bússola. E conclui que o mesmo desvio (chamado de inclinação) também deveria ocorrer na superfície da Terra.

Gilbert faleceu em 1603, provavelmente devido à peste negra (peste bubônica). Seus livros, pedras e instrumentos científicos foram doados ao Colégio Real de Médicos. Porém, as suas obras foram perdidas em uma das maiores catástrofes da história da capital inglesa, o grande incêndio de Londres. Nesse triste episódio que ocorreu entre 2 e 5 de setembro de 1666, foram destruídas 13.200 casas, 87 igrejas, a Catedral de St. Paul e a maior parte das construções das autoridades da cidade, assim como os trabalhos de Gilbert.

Adaptado de: Física na história: um caminho em direção à aprendizagem significativa/João Ricardo Quintal – Rio de Janeiro, 2008

Texto 4:A bússola na poesia do século XIII

Leitor 11 – Passagem de um poema escrito no longínquo ano de 1208 pelo poeta e trovador francês Guyot de Provins:

“Os marinheiros empregam
Uma arte que não engana.

Uma pedra feia e marrom,
À qual se junta o ferro com gana.
Depois de lhe aplicarem uma agulha,
Eles a colocam numa vareta
E na água a lançam simplesmente
Onde pode flutuar seguramente.
Sua ponta se volta então diretamente
Para a estrela de modo tal
Que homem algum duvidará jamais, certamente.
Tampouco ela jamais errará, obviamente.
Quando o mar está escuro e brumoso,
Que ninguém vê nem estrela nem lua,
Eles iluminam a agulha
E não temem perder a trilha.
A ponta para a estrela se torna,
Ensinando os marinheiros
A seguir a correta trajetória.
É uma arte que não engana.”

História da eletricidade e do magnetismo: da antiguidade à idade
média – Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.40, nº 4, 2018

APÊNDICE D – Passo a passo para a construção de um eletroímã

Material necessário

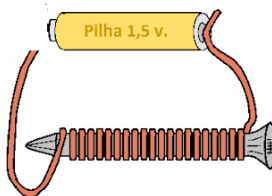
- ✓ 1 prego grande de ferro;
- ✓ 1 m de fio de cobre;
- ✓ 2 pilhas de 1,5V;
- ✓ Clipes;
- ✓ Fita isolante;

Modo de fazer

Enrole o fio no prego com as voltas bem próximas, formando uma bobina;

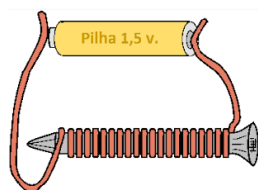


Fixe com a fita isolante uma das extremidades do fio em um dos polos da pilha.



Aproxime o prego dos clipes e observe que não haverá atração;

Fixe a outra extremidade do fio no outro polo da pilha.



Aproxime novamente o prego dos clipes e note que ele irá atraí-los.

Preste atenção!!!!

Sempre faça as voltas. Sem dar as voltas nos fios você não tem resistência e a sua pilha pode ficar muito aquecida.

Esse experimento requer uma eletricidade de baixa voltagem. Nunca conecte sua bobina na tomada, pois isso pode ser muito perigoso.

Só deixe os fios conectados na pilha enquanto estiver usando o eletroímã, caso contrário a pilha pode se descarregar ou os fios poderão entrar em curto circuito.

APÊNDICE E – atividades desenvolvidas na aula 5

Passo-a-passo para a construção do experimento de Oersted

Material necessário

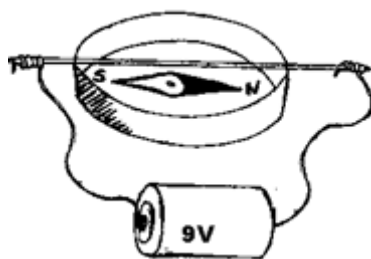
- ✓ Uma bússola;
- ✓ Uma bateria de 9V;
- ✓ 60cm de fio de cobre de 1,5mm²;
- ✓ Fita adesiva ou durex;
- ✓ Régua;

Modo de fazer

Primeiramente descasque aproximadamente 3,0 cm de ambas as extremidades do fio de cobre.

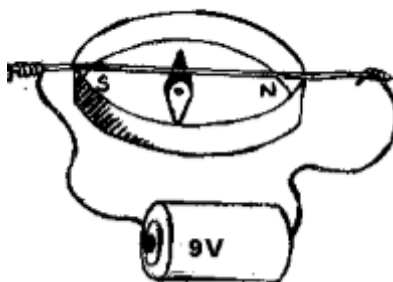
Em seguida ligue uma extremidade do fio a um dos terminais da bateria prendendo-o com firmeza com a fita adesiva.

Depois posicione o fio sobre o ponteiro da bússola (aproximadamente 2cm de distância) de modo a ficarem paralelos entre si. Encoste rapidamente a extremidade solta do fio no outro terminal da bateria sem tirar os olhos da bússola.



Anote o que observou.

Afaste o fio do terminal da bateria e repare o que acontece. Anote novamente. Agora mude a posição relativa entre o fio e o ponteiro da bússola de maneira que eles fiquem perpendiculares entre si (formando um ângulo de 90°).



Ligue novamente a extremidade do fio à bateria e anote o que observou.

Agora, inverta a posição de conexão das pontas do fio na bateria e repita os procedimentos acima anotando o que foi observado.

Preste atenção!!!!

Para que a experiência seja bem-sucedida, é preciso observar alguns detalhes:

Não fique muito tempo com o circuito ligado, porque a bateria descarrega rapidamente;

Não deixe nenhum ímã, de qualquer espécie, perto da bússola;

Nas proximidades da bússola também não deve ter nenhum material de ferro;

Dispositivos elétricos em funcionamento também precisam estar o mais afastado possível da bússola;

Texto: Oersted e a relação entre eletricidade e magnetismo

É do conhecimento de muitos que Hans Christian Oersted é o descobridor do eletromagnetismo, e também muitas vezes é dito, erroneamente, que o mesmo chegou a este resultado por acaso, ou sorte. Entretanto como já mencionado esta informação é distorcida, pois na descoberta do eletromagnetismo existiram muitos fatores e também outros pesquisadores além de Oersted que tentaram chegar a relação entre eletricidade e magnetismo.

Anteriormente a Oersted, a relação entre eletricidade e magnetismo já se era observada, pois era notado que bússolas eram desorientadas de suas posições originais durante tempestades e, em alguns casos, até mesmo inverter sua polaridade. Foi registrado na Philosophical Transactions of the Royal Society, Londres, começo do século XVIII, que os raios eram capazes de magnetizar objetos metálicos sem ter o contato com os mesmos. Partindo da hipótese de que os raios eram fenômenos de descarga elétrica, Franklin conseguiu magnetizar uma agulha de costura utilizando

uma garrafa de Leyden, um dispositivo que armazenava eletricidade. Além de Franklin, outros pesquisadores conseguiram tal realização. Contudo, um de seus amigos chamado Kinnersley, não foi capaz de reproduzir a experiência, pois só conseguiu alguns resultados positivos na imantação da agulha quando a mesma se encontrava em uma determinada posição.

Posteriormente, Franklin acaba por aceitar a explicação de Franz Aepinus (1724-1802) que dizia que a imantação ocorria por consequência do aquecimento que a descarga elétrica provocava na agulha. Podemos pensar também que, diferentemente de Oersted, Franklin estava centrado nas descargas elétricas, por analogia aos raios, como mencionado, que eram fenômenos de descarga elétrica. Já Oersted pensava em um movimento contínuo da eletricidade e tinha um pensamento diferenciado, como veremos mais à frente.

Apesar destes resultados não positivos de Franklin, o cenário ainda era de crença na relação entre eletricidade e magnetismo, mesmo que não conseguissem demonstrar de que forma se dava essa relação. Esta atmosfera de credulidade no nexo entre eletricidade e magnetismo fez com que alguns pesquisadores como: Hatchett e Desromes; Ritter; Muschman e Hansteen realizassem experimentos com o intuito de encontrar a relação da eletricidade com magnetismo. Questões de simetria entre fenômenos elétricos e magnético direcionavam a procura. Apesar de todas estas tentativas experimentais, alguns princípios norteadores, como a simetria citada acima, são de grande importância comentar que não foram apenas estes fatores que fomentaram Oersted, mas também uma questão de acreditar na união destas duas forças, um princípio filosófico diretor, tema principal de uma corrente filosófica chamada Naturphilosophie.

Outro detalhe bastante relevante é a concepção de corrente elétrica que Oersted tinha. Ele era adepto da teoria dos dois fluidos elétricos, proposta por Charles Du Fay (1698-1739). A ideia de Oersted era a de que existia um “conflito elétrico” em um fio. Supunha ele que, por decorrência da movimentação contrária dos dois fluidos elétricos, que se movimentavam contrariamente no fio condutor, existia um embate dos mesmos, ou melhor dizendo, luta ou conflito. Quando o conflito elétrico se encontrava em um fio muito fino o efeito produzido era o calor e ainda se o fio fosse demasiadamente fino podia-se ter um efeito luminoso.

As observações de Oersted aconteceram em uma conferência que realizou no inverno de 1819-1820 na Universidade de Copenhague, a qual versava sobre temas como

eletricidade e magnetismo. Oersted supôs que o efeito magnético se propagaria lateralmente ao fio, como a luz e o calor emitidos de um fio quando percorrido intensamente pela eletricidade, e não na orientação da corrente elétrica. Como justificativa, ele se baseava na sua concepção sobre os efeitos magnéticos causados pelos raios.

Ao fechar o circuito percebeu que a bússola, teve uma pequena perturbação, mas não chamou muito a atenção dos que ali estavam presentes. Quando divulgou seus resultados em Julho de 1820, estava seguro sobre as características do fenômeno que observara, pois antes disto realizou várias experiências, chegando a conclusão de que “... o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento circular em torno dela” (Oersted apud Martins, 1986). Publicou seus resultados em um folheto de 4 páginas, intitulado de: “*Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*”. Escrito em latim e não em dinamarquês, contém a síntese de uma série de experiências e observações realizadas por Oersted.

Os resultados de Oersted não foram aceitos de imediato, devido a novidade das características apresentadas pelo fenômeno, como a ideia de um campo magnético circular ao redor do fio, que levava à quebra de simetria. Físicos como, por exemplo, Berzelius, Schweigger e Prechtl propuseram outras teorias explicativas para o fenômeno observado por Oersted, mas que deixavam a desejar na explicação do fenômeno por completo.

Um físico francês chamado Arago, ao tomar conhecimento do trabalho de Oersted julgou ser impossível o fenômeno descrito, e que só veio a se convencer sobre os resultados quando foi lhe apresentado a repetição do trabalho de Oersted por Auguste de la Rive.

Para alguns historiadores da ciência, a primazia de Oersted sobre a descoberta do eletromagnetismo é alvo de discussões. Posteriormente aos seus trabalhos, foi mencionado em alguns textos onde se atribuía a descoberta do eletromagnetismo a outra pessoa, um certo “físico de Trento, que depois foi identificado como Gian Domenico Romagnosi (1761-1832). Romagnosi, que era advogado e nutria um certo apreço pelas ciências exatas, chegou a publicar alguns trabalhos na área. No caso do eletromagnetismo, sua hipótese estava baseada na eletrostática e não chegou às mesmas conclusões que Oersted, não abalando sua reputação de “descobridor do eletromagnetismo”.

Reflexões sobre as atividades propostas

- 1) Quando você coloca o fio paralelo à bússola e o conecta na bateria, o que ocorre? E se o fio for disposto perpendicularmente à bússola?
- 2) Como se explica esses diferentes comportamentos quando o fio está perpendicular e quando ele está paralelo à bússola?
- 3) Como a experiência de Oersted mudou os rumos da Física?
- 4) Algumas referências bibliográficas sobre Oersted atribuem à casualidade o seu famoso experimento de 1820, quando ele observou que a corrente elétrica provocava uma deflexão no ponteiro da bússola. Você concorda com essa hipótese? Por que?

APÊNDICE F – Texto: Como funcionam as usinas hidrelétricas

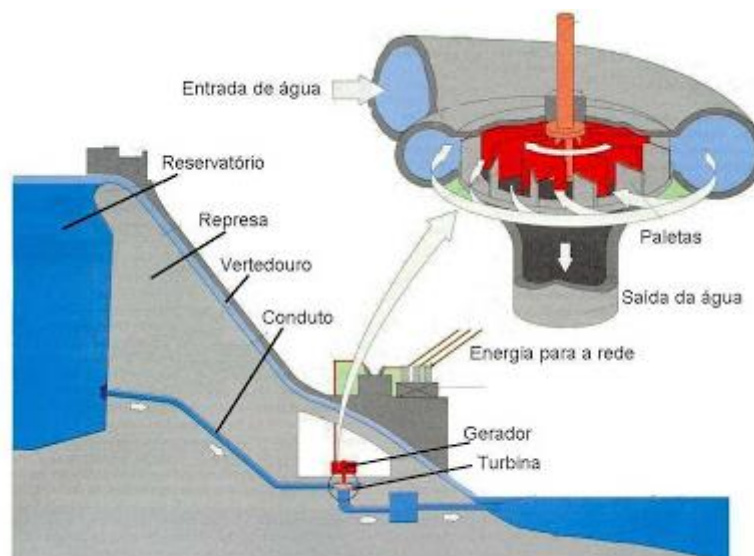
A força hidrelétrica começou a ser utilizada em meados do século 20, mas a ideia de usar a água para gerar energia existe há milhares de anos. Uma usina hidrelétrica é, na verdade, um moinho de água gigante.

Há mais de 2.000 anos, os gregos utilizavam moinhos de água para transformar trigo em farinha. Estes antigos moinhos de água são como as turbinas modernas, que giram quando o fluxo de água atinge as lâminas. As usinas hidrelétricas são construídas em locais onde se pode melhor aproveitar as influências e os desníveis dos rios, que geralmente estão distantes dos centros consumidores. O sistema eletroenergético brasileiro opera de forma coordenada, buscando dessa forma minimizar os custos globais de produção de energia.

Um dos destaques no Brasil é a Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional, maior produtora de energia no mundo, e um empreendimento binacional - desenvolvido pelo Brasil e pelo Paraguai no rio Paraná. O Brasil está entre os cinco maiores produtores de energia hidrelétrica no mundo, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A usina de Itaipu é, atualmente, a maior usina hidrelétrica do mundo em geração de energia. Com 20 unidades geradoras e 14.000 MW de potência instalada, fornece cerca de 15% da energia consumida no Brasil e abastece 86% do consumo paraguaio. Produziu em 2017 um total de 96.387.357 Megawatts-hora (96,4 milhões de MWh). **Em 2016, a produção chegou a 103.098.366 MWh (103 milhões de MWh), um recorde mundial de produção anual de energia,** o suficiente para suprir todo o consumo do Paraná por aproximadamente quatro anos. O mesmo volume seria mais que suficiente para atender a demanda de Portugal por energia elétrica durante aproximadamente dois anos.

Mas vamos ao que interessa. O princípio básico de uma usina hidrelétrica é usar a força de uma queda d'água para gerar energia elétrica. Essas usinas possuem enormes turbinas, parecidas com cata-ventos gigantes, que rodam impulsionadas pela pressão da água de um rio represado. Ao girar, as turbinas acionam geradores que produzirão energia. No Brasil, as hidrelétricas são as principais responsáveis pela luz que não nos deixa no escuro.



Os componentes básicos de uma usina hidrelétrica convencional são:

- ✓ Barreira - a maioria das usinas hidrelétricas utiliza uma barreira que segura a água e cria um grande reservatório.
- ✓ Canal - os portões da barreira se abrem e a gravidade puxa a água através do duto que vai para a turbina. A água gera pressão ao passar pelo duto.
- ✓ Turbina - a água atinge as grandes lâminas da turbina, fazendo-as girar. A turbina é acoplada a um gerador localizado acima dela. Uma turbina pesa cerca de 172 toneladas e gira numa taxa de 90 rotações por minuto (rpm).
- ✓ Geradores - as lâminas da turbina giram e movimentam uma série de ímãs dentro do gerador. Ímãs gigantes rodam por molas de cobre e produzem o campo magnético variável necessário para a obtenção de corrente alternada.
- ✓ Transformador - o transformador dentro da casa de força transforma a corrente alternada em uma corrente de alta-voltagem que vai ser distribuída pelas linhas de transmissão.
- ✓ **Linhas de transmissão:** As linhas de distribuição, como próprio nome já diz, transmitem a energia gerada aos inúmeros centros de distribuição espalhados pela sua região. São aquelas antenas enormes instaladas próximo às rodovias. As linhas de transmissão são as responsáveis por levar a energia elétrica da usina ao consumidor.

<https://fisicanossa.blogspot.com/2011/11/como-funcionam-as-usinas-hidreletricas.html> (acesso em 02/11/2018)

APÊNDICE G – Texto: Uma breve história da indução eletromagnética

A história da indução eletromagnética está fortemente atrelada à história do físico e químico britânico Michael Faraday, nascido em 22 de setembro de 1791. De família pobre, que sofria as consequências da Revolução Francesa, teve uma formação básica precária, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática. Aos 13 anos já trabalhava ajudando no transporte do material e nas encadernações em uma livraria. Esse trabalho lhe proporcionou contato com livros e despertou o interesse pelas ciências. Com a ajuda de um cliente conseguiu ser auxiliar de laboratório de Humphry Davy, químico brilhante que possuía um dos mais bem equipados laboratórios da Inglaterra. Durante vários anos apenas auxiliou Davy em seus estudos em Química e foi assim que adquiriu um enorme traquejo experimental. Até 1820 Faraday não havia se dedicado a pesquisas na área de Física. A descoberta de Oersted, publicada em artigo datado de 21 de junho de 1820, desencadeou um grande interesse na comunidade científica da época e também Davy começou a investigar o assunto. Ele realizou uma série de experimentos e Faraday foi seu assistente, tendo desta forma seu primeiro contato com o eletromagnetismo. Faraday se dedicou a ler um grande número de trabalhos que haviam sido publicados até então e redigiu dois artigos sobre eletromagnetismo. Nesses artigos Faraday não apresentou nenhuma contribuição original. Mas, estimulado pela leitura dos artigos que precisou consultar e intrigado, talvez, por alguns resultados estranhos encontrados na repetição dos experimentos começou a fazer novas investigações que o conduziram a novas descobertas.

Faraday estudou tudo o que havia sido publicado sobre magnetismo, repetindo os experimentos descritos. Essa atividade o levou ao entendimento do fenômeno relatado por Oersted, embora ainda não houvesse clareza sobre o conceito de campo magnético gerado pela corrente elétrica. Iniciou uma série de experiências inovadoras sobre rotações de ímãs e fios condutores de eletricidade utilizando os efeitos eletromagnéticos. Na prática, conseguiu produzir rotações contínuas de fios e ímãs em torno uns dos outros, transformando energia elétrica em energia mecânica.

No final de 1824, saiu em busca do efeito da indução eletromagnética: introduziu um ímã num solenoide que transportava corrente elétrica por estar conectado aos polos de uma bateria, cujas extremidades estavam ligadas a um galvanômetro, aparelho utilizado para detectar variação na corrente elétrica. Se as correntes elétricas

produziam efeitos sobre os imãs, os imãs deveriam produzir efeitos sobre as correntes elétricas. Todavia, nada observou de interessante.

Finalmente em 1831 conseguiu que uma corrente elétrica em um circuito induzisse corrente em outro circuito. Em 17 de outubro, realizou seu experimento mais conhecido, conseguindo induzir corrente elétrica pela variação de um campo magnético. Era o primeiro gerador, conhecido como dínamo, que transforma a energia mecânica em energia elétrica. As modernas usinas hidrelétricas são uma demonstração viva desse fenômeno.

Anunciou então a formulação da lei da indução eletromagnética. Devido a sua precária formação no campo, essa lei só foi escrita em linguagem matemática por James Maxwell e constitui uma das quatro leis fundamentais do eletromagnetismo.

O trabalho realizado por Faraday no final de 1831 complementou a descoberta do eletromagnetismo por Ørsted, mostrando a existência de um fenômeno inverso (produção de efeitos elétricos pelo magnetismo) e fornecendo a base necessária para o desenvolvimento de uma nova área de pesquisas.

Faraday nunca se beneficiou pessoalmente das aplicações de suas descobertas, tendo se mantido na Royal Institution até o fim da carreira. Sem nunca ter cursado uma universidade, recebeu títulos honorários e homenagens.

No verão de 1858, Faraday se aposentou, após 38 anos de trabalho na *Royal Institution*. Morreu em 25 de agosto de 1867, em Hampton Court Green, Londres.

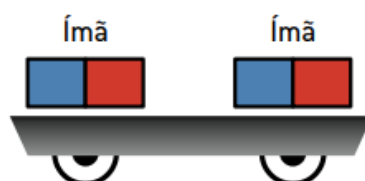
Adaptado de: Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. Revista Ciência e Educação, v.10, n.3, 2004

APÊNDICE H – Lista de exercícios série casa

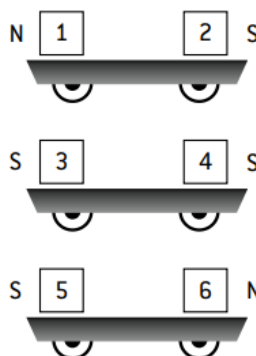
Aula 2

1) UFU-MG

Três carrinhos idênticos são colocados em um trilho, porém, não se encostam, porque, na extremidade de cada um deles, conforme mostra o esquema a seguir, é acoplado um ímã, de tal forma que um de seus polos fica exposto para fora do carrinho (polaridade externa).



Considerando que as polaridades externas dos ímãs (N – norte e S – sul) nos carrinhos são representadas por números, conforme o esquema a seguir, assinale a alternativa que representa a ordem correta em que os carrinhos foram organizados no trilho, de tal forma que nenhum deles encoste no outro.



- a) 1 – 2 – 4 – 3 – 6 – 5
- b) 6 – 5 – 4 – 3 – 1 – 2
- c) 3 – 4 – 6 – 5 – 2 – 1
- d) 2 – 1 – 6 – 5 – 3 – 4
- e) 2 – 1 – 5 – 6 – 3 – 4

2) UEMG

Em *Você verá*, Luiz Vilela valoriza os animais. Por exemplo, no conto “Quando fiz sete anos”, ele se lembra de uma bússola estragada e de como voou “como um alegre pássaro da manhã”, ao ir para casa, doido para abrir o embrulho onde estava uma

bússola estragada, que ganhara do avô. Mas, por que a bússola estava estragada? Alguns candidatos aos cursos da UEMG fizeram algumas hipóteses para responder a essa pergunta.

Leonardo: um fio solto fez com que o contato elétrico da bússola estragasse e, por isso, a bússola deixou de funcionar.

Lorena: o polo norte da agulha da bússola apontava para o polo norte geográfico, e isso estava errado, pois ele deveria apontar para o polo sul geográfico, pois um polo norte é atraído por um polo sul.

Amanda: a agulha magnética poderia ter se desprendido de seu apoio e não estava girando livremente para se orientar, segundo o campo magnético da Terra. Fez (fizeram) comentários apropriados:

- a) apenas Lorena.
- b) Leonardo e Lorena.
- c) apenas Amanda.
- d) Leonardo e Amanda.
- e) Apenas Leonardo.

3) IFSP

As bússolas são muito utilizadas até hoje, principalmente por praticantes de esportes de aventura ou por enduros a pé. Esse dispositivo funciona graças a um pequeno ímã que é usado como ponteiro e está dividido em polo norte e polo sul. Geralmente, o polo norte de uma bússola é a parte do ponteiro que é pintada de vermelho e aponta, obviamente, para o polo norte geográfico.

Na Física, a explicação para o funcionamento de uma bússola pode ser dada porque as linhas de campo magnético da Terra se orientam:

- a) do polo sul magnético ao polo leste magnético.
- b) do polo norte magnético ao polo sul magnético.
- c) na direção perpendicular ao eixo da Terra, ou seja, sempre paralelo à linha do equador.
- d) na direção oblíqua ao eixo da Terra, ou seja, oblíqua à linha do equador.
- e) na direção do campo gravitacional.

4) CPS-SP

Uma das hipóteses, ainda não comprovada, sobre os modos como se orientam os animais migratórios durante suas longas viagens é a de que esses animais se guiam pelo campo magnético terrestre. Segundo essa hipótese, para que ocorra essa orientação, esses animais devem possuir, no corpo, uma espécie de ímã que, como na bússola, indica os polos magnéticos da Terra. De acordo com a Física, se houvesse esse ímã que pudesse se movimentar como a agulha de uma bússola, orientando uma ave que migrasse para o hemisfério sul do planeta, local em que se encontra o polo norte magnético da Terra, esse ímã deveria:

- a) possuir apenas um polo, o sul.
- b) possuir apenas um polo, o norte.
- c) apontar seu polo sul para o destino.
- d) apontar seu polo norte para o destino.
- e) orientar-se segundo a linha do equador.

5) CFT-MG

Em relação às propriedades e aos comportamentos magnéticos dos ímãs, das bússolas e de nosso planeta, é correto afirmar que:

- a) a agulha de uma bússola inverte seu sentido ao cruzar a linha do equador.
- b) um pedaço de ferro é atraído pelo polo norte de um ímã e repelido pelo polo sul.
- c) as propriedades magnéticas de um ímã perdem-se quando ele é cortado ao meio.
- d) o polo norte geográfico da Terra corresponde, aproximadamente, ao seu polo sul magnético.
- e) o polo norte geográfico da Terra corresponde, aproximadamente, ao seu polo norte magnético.

6) PUC-RJ

O belo fenômeno ótico da Aurora boreal é comum no céu noturno das latitudes polares da Terra. Tal fenômeno, de grande apelo visual, é causado por contato:

- a) dos ventos solares com o campo magnético do planeta.
- b) da gravidade da Lua com a estação inverno no polo norte.
- c) dos raios solares com as águas congeladas das montanhas.
- d) das massas de ar polares com os raios do sol da meia-noite.
- e) das massas oceânicas frias com a radiação solar no inverno.

7)

Assim como a força gravitacional e a força elétrica, a força magnética é uma interação à distância, ou seja, não necessita de contato. Dessa forma, associamos aos fenômenos magnéticos a ideia de campo, assim como nos fenômenos elétricos e gravitacionais. Consequentemente, dizemos que um ímã gera no espaço ao seu redor um campo que chamamos de campo magnético; esse campo interage com outros ímãs, com as substâncias magnéticas e com correntes elétricas. Imagine uma agulha de costura que é atraída por um ímã quando colocada em suas proximidades. É verdade que:

- a) a agulha não aplica nenhuma força sobre o ímã;
- b) a força que a agulha aplica sobre o ímã é menor que a força com que o ímã a atrai;
- c) a força de atração entre eles tem valores iguais e sentidos iguais;
- d) a força de atração entre eles tem valores iguais e sentidos opostos;
- e) a terceira Lei de Newton (ação e reação) não se aplica a forças magnéticas;

Aula 3

1) A respeito do desenvolvimento dos estudos relacionados com o magnetismo pode-se afirmar que:

- a) os primeiros estudos realizados na área do magnetismo foram feitos por Aristóteles no século VI d.C. O filósofo analisou a atração entre pedras de um minério denominado de magnetita.
- b) a utilização da bússola provavelmente foi a primeira aplicação prática do magnetismo.
- c) Desde os primórdios do magnetismo já se discutia a sua relação com a eletricidade.
- d) a obra mais antiga que conhecemos sobre o magnetismo e onde é explicada a atração entre polos opostos e repulsão entre polos do mesmo tipo foi escrita por Gilbert em 1600.
- e) a evolução do magnetismo não se mostrou importante na evolução da sociedade rumo a melhorias na qualidade de vida.

2)

O magnetismo, assim como toda a Física, é uma ciência em construção. Muitas de suas hipóteses, leis e modelos se mostram satisfatórias para explicar o mundo ao nosso redor, mas as teorias vão evoluindo e um conhecimento vai superando o outro, e novas áreas do conhecimento assim como novas tecnologias vão surgindo e tornando nosso mundo mais dinâmico e surpreendente. Eis a Física como construção humana, resultado de esforços e contribuições de mentes ora brilhantes, ora nem tão brilhantes assim.

Assinale a alternativa em desacordo com o texto acima.

- a) A utilização da bússola implementou o comércio marítimo durante as grandes navegações.
- b) Descobertas inúteis dificilmente contribuem para o desenvolvimento da sociedade.
- c) A evolução de um campo científico pode ser comparada ao desenvolvimento de um organismo dentro de um ambiente particular.
- d) Um novo estágio de desenvolvimento só pode surgir após alguns elementos terem atingido algum grau de amadurecimento.
- e) Com o conhecimento da história percebe-se a mudança contínua das diferentes visões que tentam criar modelos para explicar os fenômenos que ocorrem na natureza.

3)

O primeiro passo para o desenvolvimento do campo do magnetismo foi a descoberta da pedra-imã e a exploração do chamado efeito pedra-imã, ou seja, a atração que minérios de pedra-imã exercem sobre pedaços de ferro e de alguns minérios de ferro. O efeito é conhecido desde os primórdios das civilizações meso-americanas, egípcia, egeia e chinesa. Um fato pode ter contribuído para que civilizações tão remotas e distantes entre si tomassem conhecimento do efeito magnético. Assinale-o.

- a) Necessidade de se orientar.
- b) Cultura de adivinhação.
- c) Utilidade prática.
- d) Empreender o comércio.
- e) Existência de pedra-ímã nessas regiões.

4)

Há muito tempo, os seres humanos perceberam que determinadas pedras encontradas na natureza tinham a propriedade de atrair objetos de ferro, ou mesmo de interagir entre si. Tales de Mileto é a primeira referência associada à observação desses fenômenos. De acordo com ele, os habitantes de uma região da Grécia conhecida como Magnésia já observavam as interações entre esse mineral e o ferro. Hoje se sabe que esse mineral é um óxido de ferro, o Fe_3O_4 (tetróxido de triferro). Em virtude desses fenômenos terem sido relatados na região de Magnésia, as pedras são chamadas de magnetita, e seus respectivos fenômenos, de magnéticos. O segmento da Física que estuda esses fenômenos é denominado Magnetismo. É possível inferir que os gregos não se interessaram muito por esse estudo, uma vez que o primeiro relato de uma repulsão entre esses minerais data de quatrocentos anos depois da descoberta da atração. Esse desinteresse é justificável

- a) por haver uma aplicação prática para esses fenômenos.
- b) porque o estudo do magnetismo necessitava de experiências, o que não estava de acordo com a filosofia da época.
- c) pelas guerras médicas ocorridas no século V a. C, que impediram os filósofos de dar prosseguimento aos seus estudos.
- d) porque a filosofia política, enquanto análise do Estado e sua legislação era o principal problema por eles investigados.
- e) Porque os experimentos por eles realizados estavam em desacordo com os fenômenos observados.

5)

É a obra mais antiga que conhecemos e nela aparece claramente a ideia de que as pedras magnéticas possuem dois pontos opostos, onde seu poder de atração é mais forte, e que são qualitativamente diferentes um do outro. São explicadas técnicas experimentais para a localização dos polos de uma pedra magnética e sua identificação (polo norte e polo sul), bem como é explicada a atração entre polos opostos e repulsão entre polos do mesmo tipo. A autoria da obra em questão é de

- a) Tales de Mileto e remonta ao século VI a.C.
- b) Petrus Peregrinus e foi escrita final do século XIII.
- c) William Gilbert, lançada em 1600.
- d) Hans Christian Oersted e data de 1820.
- e) Michael Faraday, escrita em 1831.

6)

O magnetismo da segunda metade do século XVI foi marcado pelos trabalhos do físico e médico inglês Willian Gilbert. Vivendo na época das grandes navegações marítimas defendeu que a hegemonia inglesa dependia diretamente do domínio das técnicas de navegação e da metalurgia. E foi sob a influência desse momento histórico, de crescimento da riqueza inglesa e da intelectualidade humanista que ele desenvolveu seus trabalhos, pesquisas e experimentos. Faz parte biografia de Gilbert, exceto:

- a) a realização dos primeiros experimentos na área do magnetismo.
- b) a publicação da obra *De Magnete*, livro considerado um marco na história da ciência e que versava sobre teorias e experiências elétricas e magnéticas.
- c) defender que fenômenos elétricos e magnéticos não tinham relações entre si e possuíam naturezas distintas.
- d) a conclusão, apoiado por observações dos navegadores que orientavam suas rotas pela bússola, de que se a Terra orientava uma agulha magnética ela poderia ser comparada a um grande ímã.
- e) a construção da *terrella*, com a qual observou a ocorrência de desvios na bússola e a conclusão de que o mesmo desvio também deveria ocorrer na superfície da Terra.

7)

A evolução de um campo científico pode ser comparada ao desenvolvimento de um organismo dentro de um ambiente particular. Típico de processos de desenvolvimento é a existência de um grande número de elementos em interação e a presença ocasional de *gargalos*: um novo estágio de desenvolvimento só pode surgir após alguns elementos terem atingido algum grau de amadurecimento. O grande *gargalo* do magnetismo até o século XVIII foi, sem dúvida, a descoberta

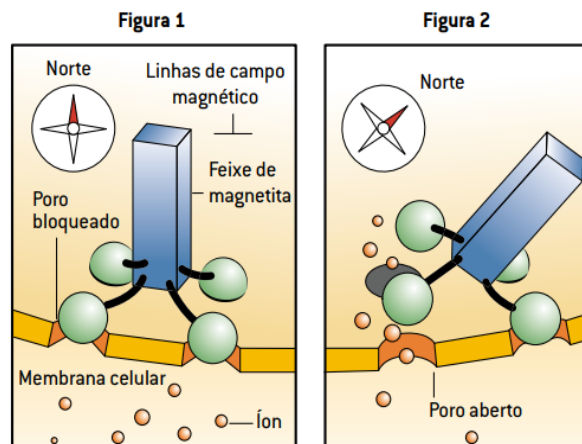
- a) de que polos iguais se repelem e polos diferentes se atraem.
- b) de que a Terra se comporta como um ímã gigantesco.
- c) da pedra-ímã.
- d) da propriedade diretiva da pedra-ímã, ou seja, sua capacidade de orientar-se em relação ao meridiano que liga o norte e o sul.
- e) de que na região dos polos de uma pedra-ímã o campo magnético é mais intenso.

Aula 4

1) UNESP (modificado)

A bússola interior

A comunidade científica, hoje, admite que certos animais detectam e respondem a campos magnéticos. No caso das trutas arco-íris, por exemplo, as células sensoriais que cobrem a abertura nasal desses peixes apresentam feixes de magnetita que, por sua vez, respondem a mudanças na direção do campo magnético da Terra em relação à cabeça do peixe, abrindo canais nas membranas celulares e permitindo, assim, a passagem de íons; esses íons, a seu turno, induzem os neurônios a enviar mensagens ao cérebro para qual lado o peixe deve nadar. As figuras demonstram esse processo nas trutas arco-íris:



Na situação da figura 2, para que os feixes de magnetita voltem a se orientar como representado na figura 1, seria necessário submeter as trutas arco-íris a outro campo magnético, simultâneo ao da Terra, que pode ter como fonte:

- correntes elétricas e ímãs;
- apenas ímãs;
- apenas correntes alternadas;
- apenas correntes contínuas;
- quaisquer materiais ferromagnéticos;

2) CPS-SP

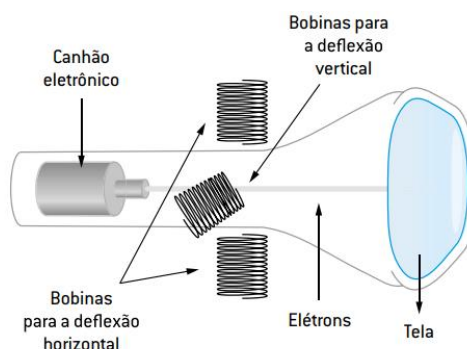


Para vender a fundições que fabricam aço, as grandes indústrias de reciclagem separam o ferro de outros resíduos e, para realizar a separação e o transporte do ferro, elas utilizam grandes guindastes, que, em vez de possuírem ganchos em suas extremidades, possuem:

- a) bobinas que geram corrente elétrica.
- b) bobinas que geram resistência elétrica.
- c) dínamos que geram campo magnético.
- d) eletroímãs que geram corrente elétrica.
- e) eletroímãs que geram campo magnético

3) ENEM

A figura mostra o tubo de imagens dos aparelhos de televisão usado para produzir as imagens sobre a tela. Os elétrons do feixe emitido pelo canhão eletrônico são acelerados por uma tensão de milhares de volts e passam por um espaço entre bobinas, onde são defletidos por campos magnéticos variáveis, de forma a fazerem a varredura da tela.



Nos manuais que acompanham os televisores é comum encontrar, entre outras, as seguintes recomendações:

- I. Nunca abra o gabinete ou toque as peças no interior do televisor.
- II. Não coloque seu televisor próximo de aparelhos domésticos com motores elétricos ou ímãs.

Essas recomendações estão associadas, respectivamente, aos aspectos de:

- a) riscos pessoais por alta-tensão / perturbação ou deformação de imagem por campos externos.
- b) proteção dos circuitos contra manipulação indevida / perturbação ou deformação de imagem por campos externos.
- c) riscos pessoais por alta-tensão / sobrecarga dos circuitos internos por ações externas.
- d) proteção dos circuitos contra a manipulação indevida / sobrecarga da rede por fuga de corrente.
- e) proteção dos circuitos contra a manipulação indevida / sobrecarga dos circuitos internos por ação externa.

4)

O **Sistema Internacional de Unidades (SI)** foi criado em 1960, na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), com a finalidade de padronizar as unidades de medida das inúmeras grandezas existentes a fim de facilitar a sua utilização e torná-las acessíveis a todos.

O Sistema Internacional define um grupo de sete grandezas independentes denominadas de grandezas de base. A partir delas, as demais grandezas são definidas e têm suas unidades de medida estabelecidas. A unidade de campo magnético no SI em função das grandezas de base é o $\text{Kg} \cdot \text{S}^{-2} / \text{A}$, também chamada de

- a) Weber (Wb);
- b) Tesla (T);
- c) Farad (F);
- d) Ampére (A)
- e) Newton (N)

5) UFPB

Os eletroímãs, formados por solenoides percorridos por correntes elétricas e por um núcleo de ferro, são dispositivos utilizados por guindastes eletromagnéticos, os quais servem para transportar materiais metálicos pesados. Um engenheiro, para construir um eletroímã, utiliza um bastão cilíndrico de ferro de 2,0 metros de comprimento e enrola-o com um fio dando $4 \cdot 10^6$ voltas. Ao fazer passar uma corrente de 1,5 A pelo fio, um campo magnético é gerado no interior do solenoide, e a presença do núcleo de ferro aumenta em 1 000 vezes o valor desse campo. Sabe-se que o módulo do vetor campo magnético (B) no interior do solenoide sem o núcleo de ferro é dado pela expressão $B = \mu_0 i N/L$ onde μ_0 representa a permeabilidade magnética do vácuo, i a corrente elétrica, N o número de espiras (voltas) e L o comprimento do solenoide. Adotando-se para a constante μ_0 o valor $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$ é correto afirmar que, nessas circunstâncias, o valor da intensidade do campo magnético, no interior do cilindro de ferro, em tesla, é de;

- a) $24 \pi \cdot 10^2$
- b) $12\pi \cdot 10^2$
- c) $6 \pi \cdot 10^2$
- d) $3 \pi \cdot 10^2$
- e) $\pi \cdot 10^2$

6) FEI-SP

A intensidade do campo magnético produzido no interior de um solenoide muito comprido percorrido por corrente depende basicamente:

- a) só do número de espiras do solenoide.
- b) só da intensidade da corrente.
- c) do diâmetro interno do solenoide.
- d) do número de espiras por unidade de comprimento e da intensidade da corrente.
- e) do comprimento do solenoide.

7) UFPel-RS

Os fenômenos magnéticos são conhecidos desde a Antiguidade. Os antigos chineses já usavam determinadas pedras, como a magnetita, para obter orientações de rotas para viagens. Essas pedras, quando suspensas por um barbante, assumem posição definida, com uma extremidade apontando sempre para o norte e a outra, para o sul magnético da Terra.

Com base em seus conhecimentos sobre magnetismo e eletromagnetismo, analise as afirmativas a seguir.

I. Caso um ímã seja dividido em dois pedaços, de cada pedaço será obtido um novo ímã, com polos norte e sul.

II. Substâncias ferromagnéticas, paramagnéticas e diamagnéticas são assim classificadas por suas características de imantação sob a ação de um campo magnético externo.

III. A campainha elétrica é um aparelho que representa a aplicação do fato de uma corrente elétrica criar um campo magnético.

IV. Os eletroímãs possuem um núcleo, normalmente de plástico, envolto por um solenoide, que, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, desmanta seu núcleo.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- a) I, II e IV.
- b) II, III e IV.
- c) I e IV.
- d) II e III.
- e) I, II e III.

Aula 5

1) UFPR

Na segunda década do século XIX, Hans Christian Oersted demonstrou que um fio percorrido por uma corrente elétrica era capaz de causar uma perturbação na agulha de uma bússola. Mais tarde, André Marie Ampère obteve uma relação matemática para a intensidade do campo magnético produzido por uma corrente elétrica que circula em um fio condutor retilíneo. Ele mostrou que a intensidade do campo magnético **B** depende da intensidade da corrente elétrica **i** e da distância ao fio condutor **r** e obedece a relação $\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{i} / 2\pi r$ onde μ_0 representa a permeabilidade magnética do vácuo. Com relação a esse fenômeno, assinale a alternativa correta.

- a) As linhas do campo magnético estão orientadas paralelamente ao fio condutor.
- b) O sentido das linhas de campo magnético independe do sentido da corrente.
- c) Se a distância do ponto de observação ao fio condutor for diminuída pela metade, a intensidade do campo magnético será reduzida pela metade.
- d) Se a intensidade da corrente elétrica for duplicada, a intensidade do campo magnético também será duplicada.

e) No Sistema Internacional de Unidades (SI), a intensidade de campo magnético é A/m.

2) Unemat-MT

Segundo a experiência de Oersted: “toda corrente elétrica gera ao redor de si um campo magnético”, pode-se afirmar que as linhas do campo magnético, originadas por um condutor reto percorrido por uma corrente elétrica constante, são:

- a) linhas retas entrando no condutor.
- b) linhas paralelas ao condutor.
- c) circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos paralelos ao condutor.
- d) circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos perpendiculares ao condutor.
- e) linhas retas saindo do condutor

3) ITA-SP

Assinale em qual das situações descritas nas opções a seguir as linhas de campo magnético formam circunferências no espaço.

- a) Na região externa de um toroide.
- b) Na região interna de um solenoide.
- c) Próximo a um ímã com formato esférico.
- d) Ao redor de um fio retilíneo percorrido por corrente elétrica.
- e) Na região interna de uma espira circular percorrida por corrente elétrica.

4) UFU-MG

A agulha de uma bússola, inicialmente, aponta para a marcação Norte quando não passa corrente pelo fio condutor, conforme figura1.



Ao ligar as extremidades do fio condutor a uma pilha, por onde passa uma corrente, a agulha muda de direção, conforme figura 2. Com base neste experimento, é correto afirmar que

- a) magnetismo e eletricidade são fenômenos completamente independentes no campo da física; o que ocorre é uma interação entre o fio e a agulha, independentemente de haver ou não corrente.
- b) a corrente elétrica cria um campo magnético de forma que a agulha da bússola é alinhada na direção do campo magnético resultante. Este é o campo magnético da Terra somado, vetorialmente, ao campo magnético criado pela corrente que percorre o fio.
- c) a bússola funciona devido aos polos geográficos, não tendo relação alguma com o campo magnético da Terra. A mudança de posição da agulha acontece pelo fato de o fio alterar a posição dos polos geográficos da Terra.
- d) a agulha muda de direção porque existe uma força coulombiana repulsiva entre os elétrons do fio e os elétrons da agulha, conhecida como lei de Coulomb.
- e) efeitos térmicos da corrente elétrica modificam a inclinação da agulha da bússola.

5)

Em 1820, Hans Christian Oersted demonstrou que um fio percorrido por uma corrente elétrica era capaz de perturbar a agulha de uma bússola mudando a sua direção. Mais tarde, André Marie Ampère obteve uma relação matemática para a intensidade do campo magnético produzido por uma corrente elétrica que circula em um fio condutor retilíneo. Ele mostrou que a intensidade do campo magnético **B** depende da intensidade da corrente elétrica **i** e da distância ao fio condutor **r** e obedece a relação $\mathbf{B} = \mu_0 i / 2\pi r$ onde μ_0 representa a permeabilidade magnética do vácuo. Um fio

condutor de eletricidade, retilíneo e longo, é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 10A.

Sabendo que o fio se encontra no vácuo, cuja constante de permeabilidade magnética vale $4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ T m/A}$, pode-se dizer que a intensidade do campo de indução magnética num ponto que está a uma distância de 40 cm do fio vale:

- a) $5 \times 10^{-6} \text{ T}$
- b) $5 \times 10^{-7} \text{ T}$
- c) $4 \times 10^{-6} \text{ T}$
- d) $4 \times 10^{-7} \text{ T}$
- e) $6 \times 10^{-8} \text{ T}$

6) UNEB-BA (adaptado)

Atualmente, a comunidade científica admite que certos animais detectam e respondem a campos magnéticos e que, para muitos deles, essa capacidade é útil para a sobrevivência. Um sentido magnético tem sido, de fato, bem documentado em muitas espécies – desde migrantes sazonais, como tordos e borboletas-monarcas, até mestres navegadores, como pombos-correios e tartarugas marinhas; desde invertebrados, como lagostas, abelhas e formigas, a mamíferos, como toupeiras e focas-elefante; e de minúsculas bactérias a corpulentas baleias.

Nos anos 1970, pesquisadores demonstraram que certas bactérias contêm filamentos de partículas microscópicas de magnetitas – uma forma fortemente magnética de óxido de ferro que orienta o organismo inteiro.

CASTELVECCHI, 2012. p. 29-33

Tratando-se de fenômenos físicos oriundos de um ímã natural, a magnetita, como encontrado em certas bactérias, é correto afirmar:

- a) A magnetita encontrada nas bactérias só gera campo magnético se estas estiverem em movimento.
- b) Um fio percorrido por uma corrente elétrica gera ao seu redor um campo magnético que é inversamente proporcional à corrente que o percorre.
- c) uma espira circular não necessita de corrente elétrica para gerar campo magnético.
- d) Uma bobina chata percorrida por uma corrente elétrica forma, no seu eixo, uma região de campo magnético com as propriedades idênticas ao de um ímã natural.
- e) um ímã natural ao ser quebrado ao meio tem seus polos separados.

7) Udesc (adaptado)

Assinale a alternativa **incorreta** a respeito de fenômenos eletromagnéticos.

- a) Fios condutores paralelos e percorridos por correntes elétricas de mesmo sentido atraem-se.
- b) Um condutor percorrido por uma corrente elétrica, colocado em um campo magnético, sofre a ação de uma força exercida por este campo.
- c) Fios condutores paralelos e percorridos por correntes elétricas de sentidos opostos repelem-se.
- d) Não é possível separar os polos magnéticos de um ímã permanente, em forma de barra, quebrando-o.
- e) Cargas elétricas em repouso ou em movimento produzem um campo elétrico e um campo magnético.

Aula 6

1) UEL-PR

Em uma usina hidrelétrica, a água do reservatório é guiada através de um duto para girar o eixo de uma turbina. O movimento mecânico do eixo, no interior da estrutura do gerador, transforma a energia mecânica em energia elétrica, que chega até nossas casas. Com base nas informações apresentadas e nos seus conhecimentos sobre o tema, é correto afirmar que a produção de energia elétrica em uma usina hidrelétrica está relacionada:

- a) à indução eletromagnética.
- b) à força de Coulomb.
- c) ao efeito Joule.
- d) ao princípio de Arquimedes.
- e) ao experimento de Oersted.

2)

As usinas hidrelétricas, que utilizam a água acumulada em represas para fazer funcionar suas turbinas, são responsáveis pela perturbação no ciclo natural das cheias e secas dos rios, pela inundação de áreas de terra cada vez maiores, pela retenção de nutrientes, que, se não fosse esse uso, estariam distribuídos mais ou menos uniformemente ao longo dos rios.

A queima de carvão mineral para a geração do vapor de água que move as turbinas das usinas termelétricas lança, na atmosfera, além de dióxido de carbono, grandes quantidades de enxofre e óxidos nitrogenados, gases que formam a chuva ácida. As usinas nucleares causam impacto ambiental mesmo na ausência de acidentes, porque retiram a água do mar ou dos rios para resfriar o núcleo de seus geradores, devolvendo-a com uma temperatura bem mais alta. Esse aquecimento afeta os organismos aquáticos, pois o aumento da temperatura deixa a água pobre em oxigênio pela diminuição da solubilidade.

As usinas geradoras de energia elétrica produzem, que permite, por meio de um transformador, elevar ae, assim, diminuir ade modo a diminuir as perdas de energia por efeito Joule nas linhas de transmissão.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) Tensão – corrente elétrica – tensão.
- b) Corrente contínua – corrente elétrica – tensão.
- c) Corrente alternada – tensão – corrente elétrica.
- d) Corrente contínua – tensão – corrente elétrica.
- e) Corrente alternada – corrente elétrica – tensão.

3) UFSCar-SP

No final do século XIX, uma disputa tecnológica sobre qual a corrente elétrica mais adequada para transmissão e distribuição da energia elétrica, gerada em usinas elétricas, tornou clara a vantagem do uso da corrente alternada, em detrimento da corrente contínua. Um dos fatores decisivos para essa escolha foi a possibilidade da utilização de transformadores na rede de distribuição de eletricidade. Os transformadores podem aumentar ou diminuir a tensão a eles fornecida, permitindo a adequação dos valores da intensidade da corrente transmitida e reduzindo perdas por efeito Joule, mas só funcionam em corrente alternada. O princípio físico em que se baseia o funcionamento dos transformadores e a característica da corrente alternada que satisfaz a esse princípio são, respectivamente:

- a) a conservação da carga e o movimento oscilante dos portadores de carga elétrica.
- b) a indução eletrostática e o movimento contínuo dos portadores de carga elétrica.
- c) a indução eletrostática e o movimento oscilante dos portadores de carga elétrica.
- d) a indução eletromagnética e o movimento contínuo de portadores de carga elétrica.

e) a indução eletromagnética e o movimento oscilante dos portadores de carga elétrica.

4) UFOP-MG

Para escoar a energia elétrica produzida em suas turbinas, a hidrelétrica de Itaipu eleva a tensão de saída para aproximadamente 700 000 V. Em sua residência, as tomadas apresentam uma tensão de 127 V e/ou 220 V. O equipamento que realiza essa tarefa de elevar e abaixar a tensão é o transformador. É correto afirmar que:

- a) o princípio de funcionamento de um transformador exige que a tensão/corrente seja contínua.
- b) o princípio de funcionamento de um transformador exige que a tensão/corrente seja alternada.
- c) o transformador irá funcionar tanto em uma rede com tensão/corrente alternada quanto em uma com tensão/corrente contínua.
- d) o funcionamento de um transformador baseia-se na indução eletrostática.
- e) o transformador transforma corrente alternada em corrente contínua.

5) ENEM

Há vários tipos de tratamentos de doenças cerebrais que requerem a estimulação de partes do cérebro por correntes elétricas. Os eletrodos são introduzidos no cérebro para gerar pequenas correntes em áreas específicas. Para eliminar a necessidade de introduzir eletrodos no cérebro, uma alternativa é usar bobinas, que, colocadas fora da cabeça, sejam capazes de induzir correntes elétricas no tecido cerebral. Para que o tratamento de patologias cerebrais com bobinas seja realizado satisfatoriamente, é necessário que:

- a) haja um grande número de espiras nas bobinas, o que diminui a voltagem induzida.
- b) o campo magnético criado pelas bobinas seja constante, de forma a haver indução eletromagnética.
- c) se observe que a intensidade das correntes induzidas depende da intensidade da corrente nas bobinas.
- d) a corrente nas bobinas seja contínua, para que o campo magnético possa ser de grande intensidade.
- e) o campo magnético dirija a corrente elétrica das bobinas para dentro do cérebro do paciente.

6) ENEM

O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

"Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante."

Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon:

- a) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
- b) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
- c) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.
- d) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador.
- e) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

7) ENEM

Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.



O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a:

- a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.

- c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético e do fluxo magnético.
- e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético e do fluxo magnético.

Aula 7

1) No fim da década de 1880 viveu-se nos Estados Unidos da América um período conhecido como a Guerra das Correntes. Nessa época já existia uma rede elétrica pública, usada principalmente para alimentar lâmpadas incandescentes e motores elétricos. A exploração dessa rede elétrica revertia em grandes benefícios para Thomas A. Edison, que tinha obtido várias patentes pela invenção da lâmpada e de vários dispositivos para geração de corrente elétrica. Outras pessoas tentaram entrar nesse novo negócio milionário com as suas inovações; George Westinghouse, que já tinha tido sucesso comercial com as suas próprias patentes, contratou Nikola Tesla, um cientista brilhante, imigrante da Croácia que conseguiu patentear um dispositivo utilizado para produzir e distribuir corrente elétrica. Estava declarada a guerra das correntes. Sobre esse episódio pode-se afirmar:

- a) a corrente alternada de Tesla proporcionava maior facilidade de transmissão a longas distâncias
- b) a guerra das correntes acabaria por ser ganha pelo sistema de corrente contínua de Tesla.
- c) a corrente contínua de Edison permitia aumentar ou diminuir a tensão por meio de transformadores.
- d) a corrente alternada de Edison era bem mais perigosa.
- e) a guerra das correntes acabaria por ser ganha pelo sistema de corrente alternada de Edison.

2) UFSM-RS

O alto-falante, usado na comunicação, em megafones, rádios, televisões etc., tem o seu princípio de funcionamento ligado à lei de:

- a) Coulomb.
- b) Ohm.

- c) Joule.
- d) Ampère.
- e) Faraday.

3) ENEM (modificado)

A indução eletromagnética não está presente apenas na produção de energia em usinas hidrelétricas. As usinas nucleares também se beneficiam da lei da indução de Faraday. O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

- I. Uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como combustível, não é queimado, mas sofre fissão.
- II. Ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos.

A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que

- a) o primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.
- b) o segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.
- c) o segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.
- d) ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.
- e) ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está se tornando uma necessidade inquestionável.

4)

Em 1831 Faraday conseguiu que uma corrente elétrica em um circuito induzisse corrente em outro circuito. Em 17 de outubro, realizou seu experimento mais conhecido, conseguindo induzir corrente elétrica pela variação de um campo magnético. Era o primeiro gerador, conhecido como dínamo, que transformava

- a) energia mecânica em energia elétrica.

- b) corrente alternada em corrente contínua.
- c) energia elétrica em energia mecânica.
- d) corrente contínua em corrente alternada.
- e) energia elétrica em energia magnética.

5) UFAL

Uma corda metálica de uma guitarra elétrica se comporta como um pequeno ímã, com polaridades magnéticas norte e sul. Quando a corda é tocada, ela se aproxima e se afasta periodicamente de um conjunto de espiras metálicas enroladas numa bobina situada logo abaixo. A variação do fluxo do campo magnético gerado pela corda através da bobina induz um sinal elétrico (ddp ou corrente) que muda de sentido de acordo com a vibração da corda e que é enviado para um amplificador.

Qual o cientista cujo nome está associado à lei física que explica o fenômeno da geração de sinal elétrico pela variação do fluxo magnético através da bobina?

- a) Charles Augustin de Coulomb
- b) André Marie Ampère
- c) Hans Christian Oersted
- d) Georg Ohm
- e) Michael Faraday

6) UFT-TO

Com relação ao fenômeno de indução eletromagnética, foram feitas as afirmações a seguir.

- I. Foi descoberto experimentalmente por Michael Faraday.
 - II. Uma força eletromotriz (fem) é sempre induzida em um laço condutor fechado quando o fluxo magnético que o atravessa varia.
 - III. A fem induzida nesse laço causa a aparição de uma corrente induzida.
- Podemos afirmar que:

- a) nenhuma das afirmações está correta.
- b) apenas a afirmação I está correta.
- c) apenas as afirmações I e II estão corretas.
- d) apenas as afirmações I e III estão corretas.
- e) todas as afirmações estão corretas.

7) UFSM-RS

O crescimento populacional e as inovações tecnológicas do século XX criaram uma grande demanda de energia elétrica. Para produzi-la, escavamos o chão em busca de carvão ou óleo para alimentar as usinas termelétricas, extraímos, enriquecemos e fissionamos urânio para aquecer a água nas usinas nucleares, inundamos grandes extensões de terra para armazenar a água que move as turbinas das hidrelétricas e erguemos torres com imensos cata-ventos para utilizar a energia eólica. Em comum, todas essas formas de produção de energia elétrica baseiam-se na lei da indução de Faraday, descoberta ainda no século XIX, a qual expressa o fato de que:

- a) o aquecimento de uma bobina condutora induz o movimento de agitação térmica dos elétrons do condutor.
- b) o movimento de rotação de uma bobina condutora induz uma força mecânica que movimenta os elétrons do condutor.
- c) o movimento de rotação de uma bobina condutora induz uma força eletromotriz que movimenta os elétrons do condutor.
- d) a variação do fluxo elétrico através de uma bobina condutora induz uma força eletromotriz que movimenta os elétrons do condutor.
- e) a variação do fluxo magnético através de uma bobina condutora induz uma força eletromotriz que movimenta os elétrons do condutor.

APÊNDICE I – Gabaritos dos exercícios série casa

Aula 2 – 1 – D	2 – C	3 – B	4 – C	5 – D	6 – A	7 – D
Aula 3 – 1 – B	2 – B	3 – E	4 – B	5 – B	6 – A	7 – D
Aula 4 – 1 – A	2 – E	3 – A	4 – B	5 – B	6 – D	7 – E
Aula 5 – 1 – D	2 – D	3 – D	4 – B	5 – A	6 – D	7 – E
Aula 6 – 1 – A	2 – C	3 – E	4 – B	5 – C	6 – C	7 – E
Aula 7 – 1 – A	2 – E	3 – D	4 – A	5 – E	6 – E	7 – E

APÊNDICE J – Questionário enviado aos professores de ensino médio

Uma abordagem qualitativa e histórico-investigativa sobre o Eletromagnetismo

Questionário com 25 itens, sendo 24 de múltipla escolha, para avaliação de uma Sequência Didática através da validação por pares. As perguntas procuraram contemplar cinco dimensões de análise: Estrutura e Organização, Problematização, Conteúdos e Conceitos, Metodologia de Ensino e Avaliação. Os sujeitos da pesquisa foram professores do Ensino Médio logo, seus olhares sobre essa proposta de ensino é extremamente relevante e pode promover mudanças significativas nas ideias apresentadas.

- 1) Em relação à estrutura e organização da SD você a considera original?
- 2) A SD vincula os conteúdos tratados de modo interessante?
- 3) A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um agente motivador para o aprendizado do Eletromagnetismo?
- 4) A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um fator relevante para a compreensão dos conceitos físicos discutidos na SD?
- 5) A SD é autoexplicativa e não houve dificuldades para entendê-la?
- 6) As atividades propostas mostram-se pertinentes com os objetivos da SD?
- 7) A SD apresenta atividades de fácil acessibilidade e executabilidade?
- 8) Os problemas propostos são abrangentes a ponto de suscitar uma discussão interessante?
- 9) Em uma perspectiva social, cultural e científica a problematização se mostra relevante?
- 10) Quanto à articulação entre conceitos e problematização o problema remete ao conceito físico trabalhado?
- 11) Quanto à contextualização do problema ele é plausível e se enquadra em situações concretas da vida cotidiana?
- 12) A problematização é demasiadamente fácil a ponto de ser desinteressante ou demasiadamente difícil, a ponto de desmotivar os alunos?

- 13) A SD deixa bem claros quais são os objetivos a serem alcançados e os conteúdos a serem trabalhados?
- 14) As atividades propostas asseguram a possibilidade de os alunos compreenderem satisfatoriamente os conteúdos e conceitos envolvidos na SD?
- 15) A SD possibilita que os alunos estabeleçam relações entre os conceitos científicos trabalhados e situações cotidianas a que sejam aplicáveis?
- 16) Os conteúdos abordados são apresentados de forma articulada, lógica e gradativa?
- 17) É possível que ao final da aplicação da SD os alunos percebam a articulação entre o seu tema, os fenômenos discutidos na problematização e os conceitos físicos envolvidos?
- 18) Quanto aos aspectos metodológicos a SD enquadra-se numa metodologia coerente com os objetivos da docência de Física no Ensino Médio?
- 19) A apresentação da SD permite a correlação com os demais conteúdos da disciplina e com problemas concretos, de relevância social?
- 20) Os métodos e instrumentos de avaliação possibilitam uma visão integradora acerca dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais desenvolvidos pelos alunos?
- 21) Os instrumentos de avaliação são adequados e suficientes para verificar se os objetivos de ensino foram alcançados?
- 22) Você acha importante a introdução de uma avaliação meramente quantitativa ao término de cada aula dessa SD?
- 23) A SD não prevê claramente uma etapa avaliativa em que se dê retorno aos alunos acerca de seus desempenhos nas atividades, com vistas a novas intervenções pedagógicas. Você considera necessária uma adequação no tempo ou nas atividades propostas para que essa etapa se faça presente na SD?
- 24) Você aplicaria essa SD em sua escola?

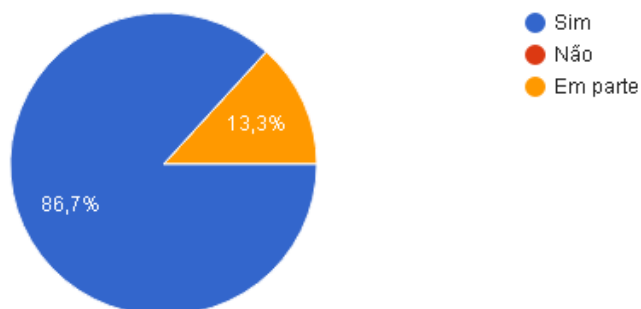
25)Faça suas considerações a respeito da SD que lhe foi enviada. Seus comentários certamente serão importantes para o aprimoramento desse trabalho.

ANEXO 1 – Respostas do questionário enviado aos professores de ensino médio

Abaixo mostro, exatamente, como o google forms me devolveu o questionário enviado aos professores de Ensino Médio para a validação da SD.

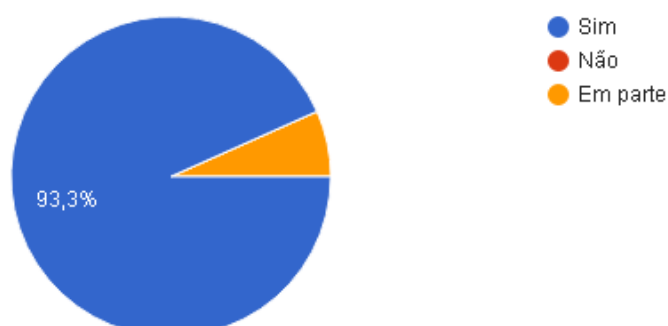
Em relação à estrutura e organização da SD você a considera original?

15 respostas



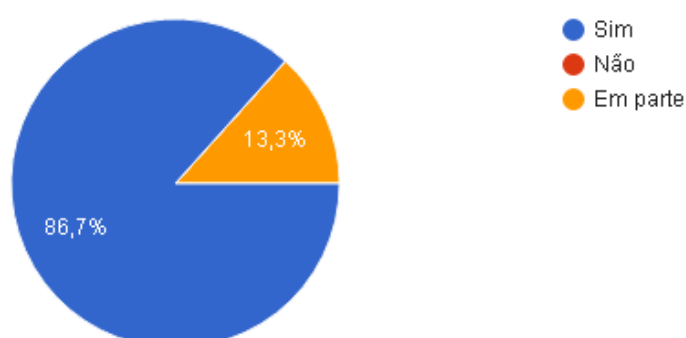
A SD vincula os conteúdos tratados de modo interessante?

15 respostas



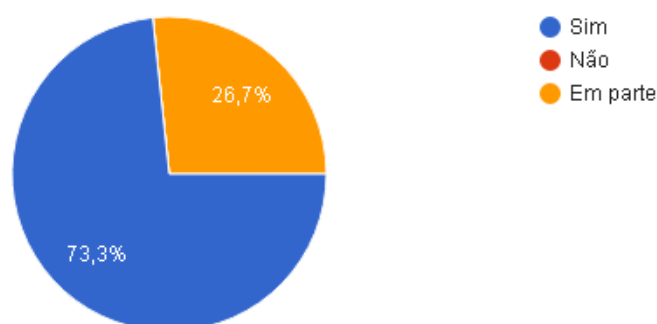
A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um agente motivador para o aprendizado do Eletromagnetismo?

15 respostas



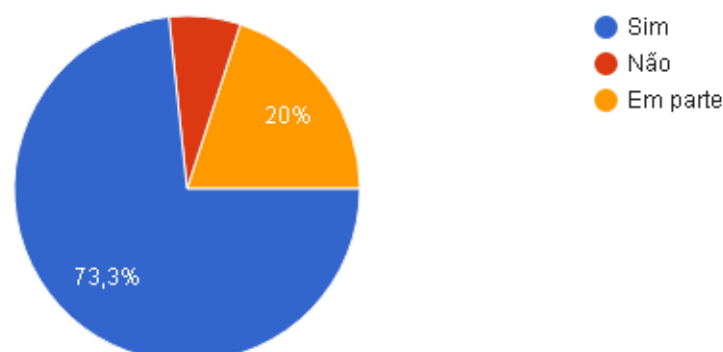
A articulação entre a História da Ciência e o Ensino por Investigação pode ser um fator relevante para a compreensão dos conceitos físicos discutidos na SD?

15 respostas



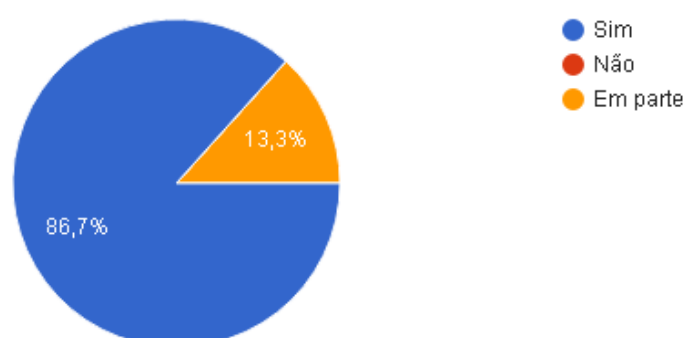
A SD é auto-explicativa e não houve dificuldades para entendê-la?

15 respostas



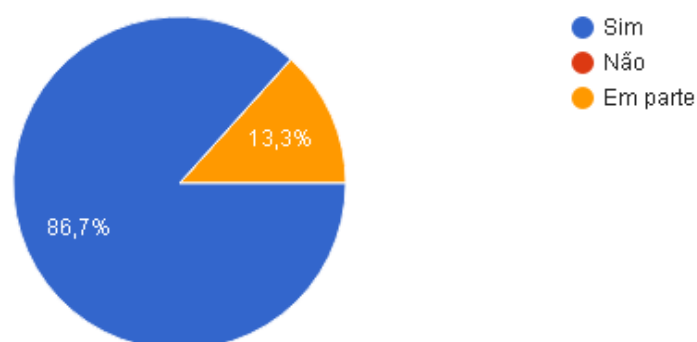
As atividades propostas mostram-se pertinentes com os objetivos da SD?

15 respostas



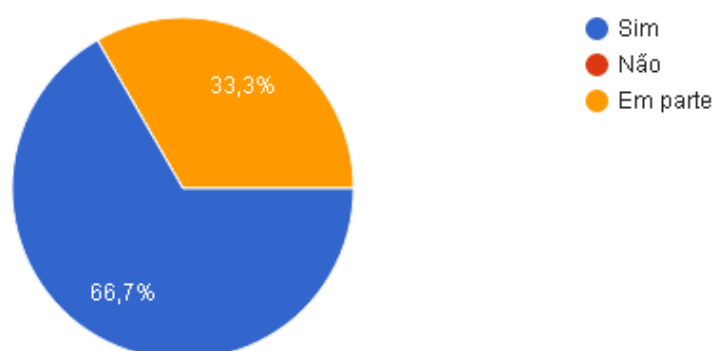
A SD apresenta atividades de fácil acessibilidade e executabilidade?

15 respostas



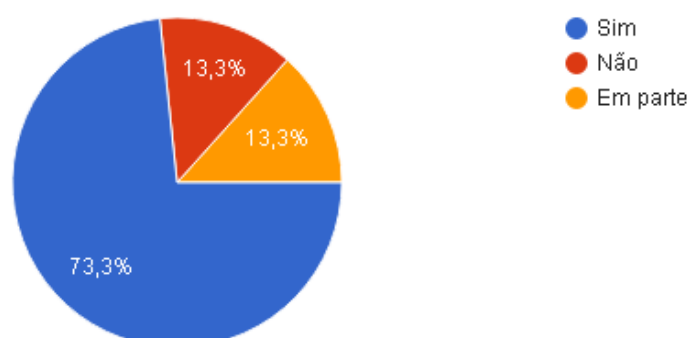
Os problemas propostos são abrangentes a ponto de suscitar uma discussão interessante?

15 respostas



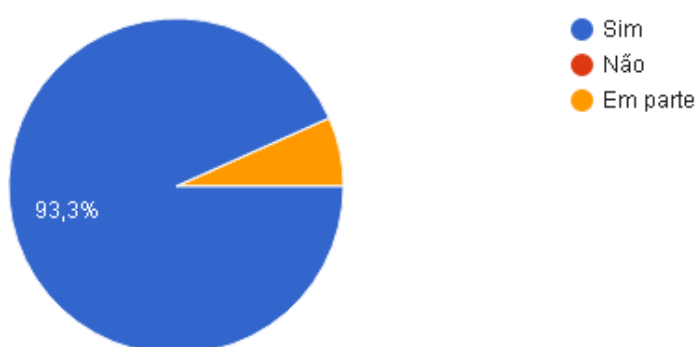
Em uma perspectiva social, cultural e científica a problematização se mostra relevante?

15 respostas



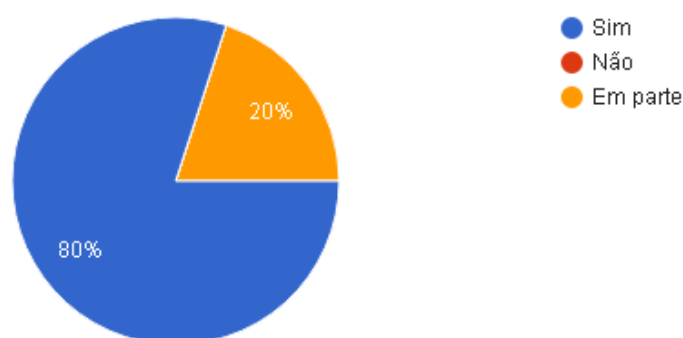
Quanto à articulação entre conceitos e problematização o problema remete ao conceito físico trabalhado?

15 respostas



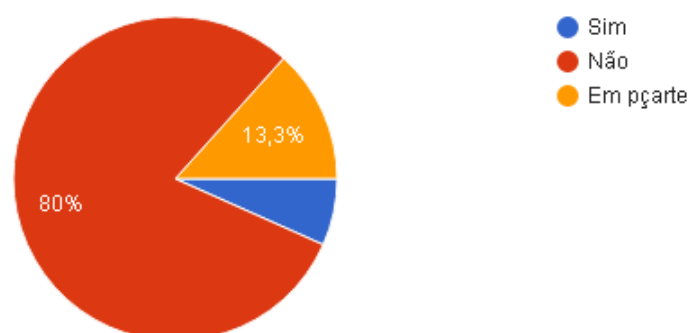
Quanto à contextualização do problema ele é plausível e se enquadra em situações concretas da vida cotidiana?

15 respostas



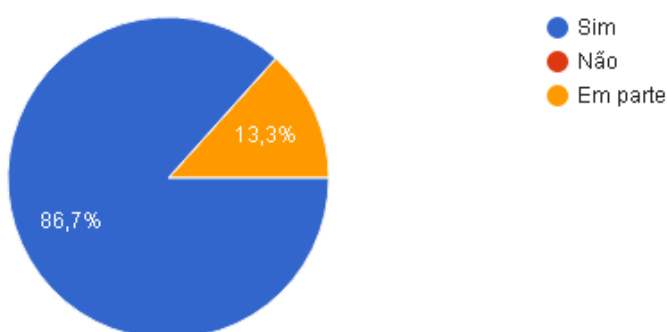
A problematização é demasiadamente fácil a ponto de ser desinteressante ou demasiadamente difícil, a ponto de desmotivar os alunos?

15 respostas



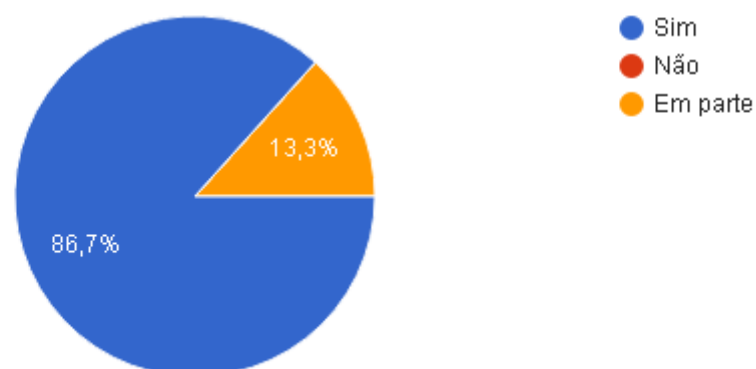
A SD deixa bem claros quais são os objetivos a serem alcançados e os conteúdos a serem trabalhados?

15 respostas



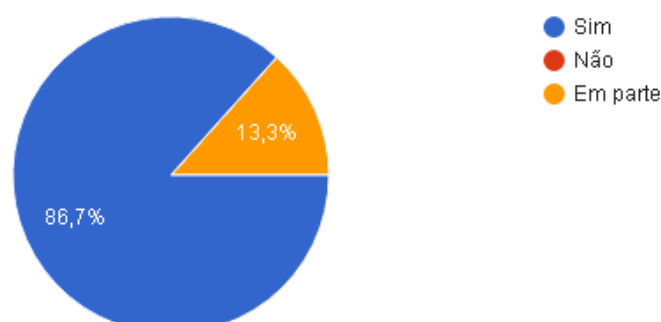
As atividades propostas asseguram a possibilidade dos alunos compreenderem satisfatoriamente os conteúdos e conceitos envolvidos na SD?

15 respostas



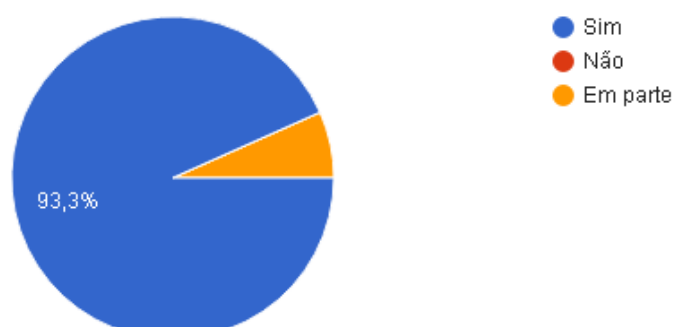
A SD possibilita que os alunos estabeleçam relações entre os conceitos científicos trabalhados e situações cotidianas a que sejam aplicáveis?

15 respostas



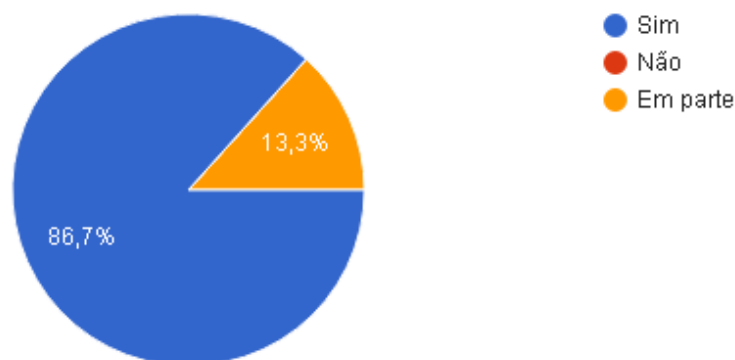
Os conteúdos abordados são apresentados de forma articulada, lógica e gradativa?

15 respostas



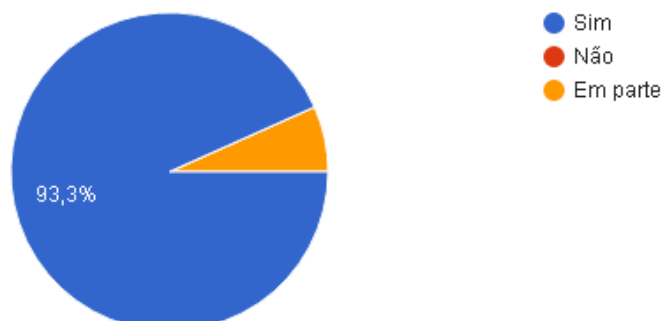
É possível que ao final da aplicação da SD os alunos percebam a articulação entre o seu tema, os fenômenos discutidos na problematização e os conceitos físicos envolvidos?

15 respostas



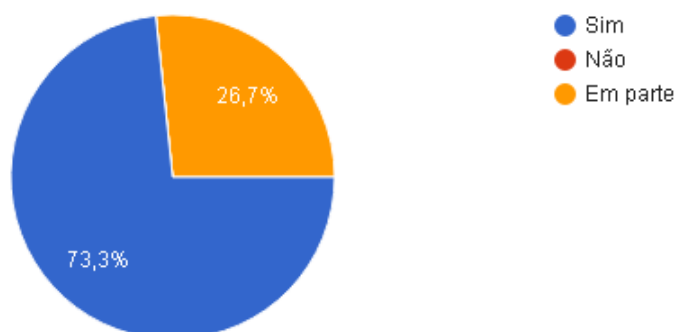
Quanto aos aspectos metodológicos a SD enquadra-se numa metodologia coerente com os objetivos da docência de Física no Ensino Médio?

15 respostas



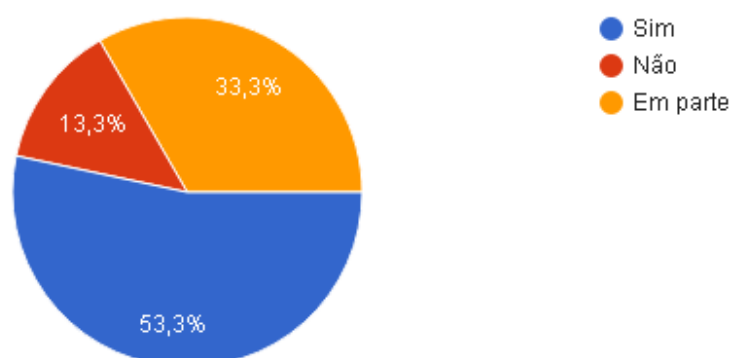
A apresentação da SD permite a correlação com os demais conteúdos da disciplina e com problemas concretos, de relevância social?

15 respostas



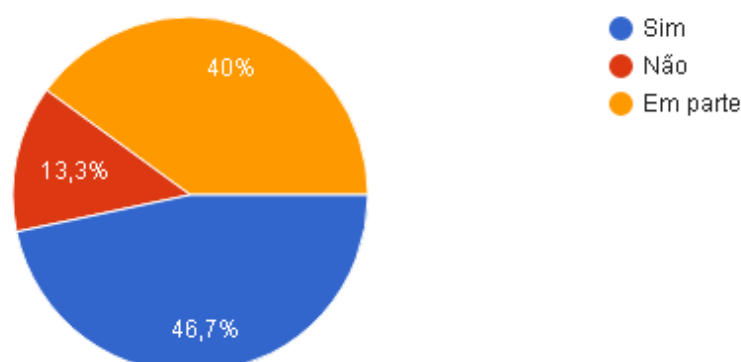
Os métodos e instrumentos de avaliação possibilitam uma visão integradora acerca dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais desenvolvidos pelos alunos?

15 respostas



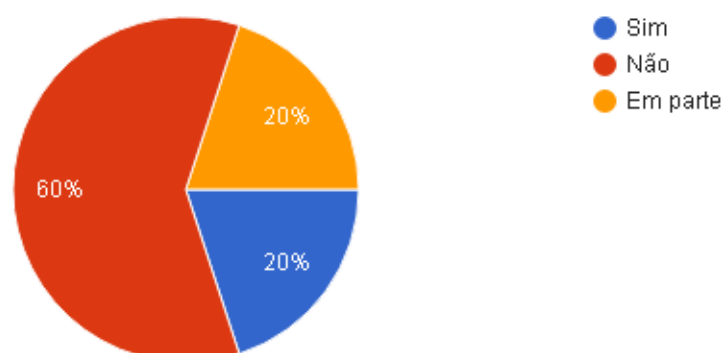
Os instrumentos de avaliação são adequados e suficientes para verificar se os objetivos de ensino foram alcançados?

15 respostas



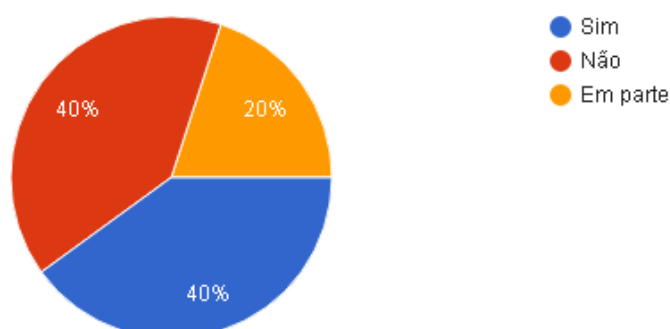
Você acha importante a introdução de uma avaliação meramente quantitativa ao término de cada aula dessa SD?

15 respostas



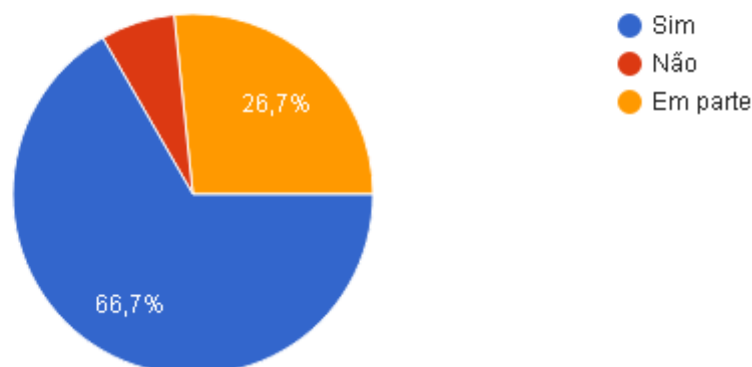
A SD não prevê claramente uma etapa avaliativa em que se dê retorno aos alunos acerca de seus desempenhos nas atividades, com vistas a novas intervenções pedagógicas. Você considera necessária uma adequação no tempo ou nas atividades propostas para que essa etapa se faça presente na SD?

15 respostas



Você aplicaria essa SD em sua escola?

15 respostas



Esse espaço é para que você possa fazer suas considerações a respeito da SD que lhe foi enviada. Seus comentários certamente serão importantes para o aprimoramento desse trabalho.

14 respostas

As atividades propostas são bem interessantes e vão ao encontro do que vem aparecendo nos documentos oficiais que tratam do ensino de Física no Ensino Médio. A minha ressalva está na avaliação conceitual pois acho que pode ser melhor estruturada e no tempo disponível para as atividades. Acho que tem muitas atividades para pouco tempo de aula.

Gostei muito das aulas 1, 4 e 7, achei elas mais dinâmicas e com possibilidades reais de contextualização. A aula 3 é só teoria e está bem distante do ensino da física. As aulas 2 e 6 poderiam ter atividades mais empolgantes. Apesar de achar a SD interessante não poderia aplicá-la na escola onde trabalho pois tenho apenas duas aulas semanais e não conseguiria implementar todas as atividades propostas.

Achei pertinente a introdução de atividades diferenciadas que com certeza devem motivar os alunos. Tudo começa com a motivação. Aluno desmotivado dificilmente vai assimilar o conteúdo.

As aulas de física costumam ser tradicionais com uma exagerada valorização de fórmulas matemáticas e repetição de exercícios. Isso prejudica a formação de cidadãos conscientes e críticos. As atividades que aparecem na sequência didática fogem do tradicional e por isso podem ser importantes para o engajamento dos alunos.

Nós, professores de física, percebemos com tristeza um total desinteresse dos alunos por aquilo que tentamos ensinar. Nos perguntamos com frequência o que pode ser feito para tornar seu ensino prazeroso e significativo. Dessa forma nos vemos constantemente desafiados a desenvolver técnicas que tornem a aula atraente e que proporcionem aos alunos uma aprendizagem condizente com as demandas da sociedade moderna. Essa sequência didática pode auxiliar na melhoria desse quadro por vezes obscuro que vive o ensino de física. Como professor dessa disciplina no ensino médio de uma escola pública de Vitória pretendo adequar esse material a minha realidade e utilizá-lo em 2019. Parabéns pela iniciativa.

As aulas 1 e 7 apresentam vídeos bem interessantes mas que, por serem muito longos, podem não prender a atenção dos alunos. Uma ideia seria editá-los para que apenas as partes mais curiosas fossem exibidas.

A aula 2 apresenta atividades envolventes que com certeza vão motivar os alunos. Manusear ímãs e tentar descobrir o que tem dentro de uma lata falante não deixam de ser brincadeiras que podem ser bem estimulantes. O vídeo sobre auroras polares costuma chamar a atenção dos alunos pela beleza do fenômeno e as simulações geralmente são atraentes e costumam prender a atenção dos meninos. Se bem direcionadas as discussões do texto que trata da história da bússola podem ser bem proveitosas. Contudo, acho que tem muita atividade para pouco tempo de aula, afinal todos os grupos devem realizar suas atividades, discuti-las entre si, compartilhar com o resto da turma as suas observações para que finalmente possa ocorrer o fechamento da aula com a ajuda do professor. Talvez o remanejamento de algumas dessas atividades para outra aula ou mesmo a exclusão de duas delas solucionasse o problema.

A aula 3, apesar de trazer um resumo brilhante sobre a história do magnetismo, deve ser considerada chata pelos alunos uma vez que a grande maioria não costuma ter afinidade com a leitura. A inclusão de um ou dois experimentos pode deixar a aula mais dinâmica.

As aulas 4, 5 e 6 estão muito bem estruturadas. Vídeos curtos e curiosos, experimentos simples e indispensáveis para a compreensão do eletromagnetismo e simulações fascinantes. As sugestões de direcionamento para as discussões na aula 6 estão fantásticas.

No que diz respeito ao processo avaliativo eu incluiria uma avaliação quantitativa ao final de cada aula, que pode ser 3 ou 4 questões dos 7 exercícios propostos para casa. Acho importante uma ferramenta que me dê subsídios para avaliar o crescimento dos alunos numa dimensão epistemológica e não só atitudinal.

De um modo geral a sequência didática proposta é atraente, criativa e altamente relevante. Com as ressalvas aqui mencionadas eu ficarei muito satisfeito em aplicá-la quando estiver dando aula de eletricidade.

Levando-se em conta a dificuldade de se ensinar eletromagnetismo na 2ª série todas as iniciativas para tentar diminuir esses obstáculos são bem vindas. As aulas diferentes que aparecem nesse planejamento podem ajudar a aumentar o interesse dos alunos.

A SD está coerente com o propósito, com uma sequência lógica e de fácil aplicação por parte dos professores.

Sou a favor de novas metodologias de ensino porque todo o desafio provoca crescimento e coragem para assumirmos o que nos é legado e daí somos inseridos em novas propostas de vida e é o que eu percebo nesta sequência didática.

Aprendizagem indica novos caminhos a serem percorridos que, com toda certeza, serão lucrativos para o nosso desenvolvimento pessoal e social. Esses novos caminhos podem ser trilhados a partir de iniciativas como essa. É disso que estamos precisando em nossas aulas de física.

O nosso dia a dia é por princípio desafiante para a melhoria e abertura de novos conhecimentos que nos dará um suporte sólido de nossos ideais. É o que percebo nesta sequência didática.

Sabe-se que a porcentagem de alunos que não entendem e por isso não gostam de Física é superior a 80%; todo esforço do professor em fazer com que o interesse apareça é bem vindo. A SD trás uma perspectiva diferenciada para abordar assuntos de difícil compreensão e, aliado a isso, métodos que auxiliam o prazer em aprender. Todas as aulas foram pensadas e elaboradas com critério e visa o aprendizado.

A maioria das aulas divide a turma em grupos. Acredito ser importante que os grupos não sejam os mesmos. Após aplicar a SD poderei avaliar o tempo de cada aula; a formação de grupos, normalmente, demanda um tempo excessivo. Os anexos são interessantíssimos e de fácil compreensão.

Primeiramente gostaria de parabenizar o mestrando pela criatividade de suas SD's. Sabemos que essa disciplina (física) para a maioria dos alunos é um grande pesadelo, pela dificuldade de seu entendimento e sua associação com o dia a dia. Creio que relação aluno- aprendizado foi colocado em prática e conseguirá atingir seu objetivo tornando as aulas mais agradáveis e motivadoras.

Temos que quebrar o paradigma que aprendizado só se dá em sala de aula, que professor é o interlocutor e os alunos ouvintes, e o mestrando colocou muito bem diversificando as atividades quebrando a ideia de conteúdo + avaliação = aprendizado.